

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-188273

(43)Date of publication of application : 04.07.2000

(51)Int.Cl.

H01L 21/304  
B08B 3/02

(21)Application number : 11-246176

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 31.08.1999

(72)Inventor : TOMITA HIROSHI  
SATO MOTOYUKI  
NADAHARA SOICHI

(30)Priority

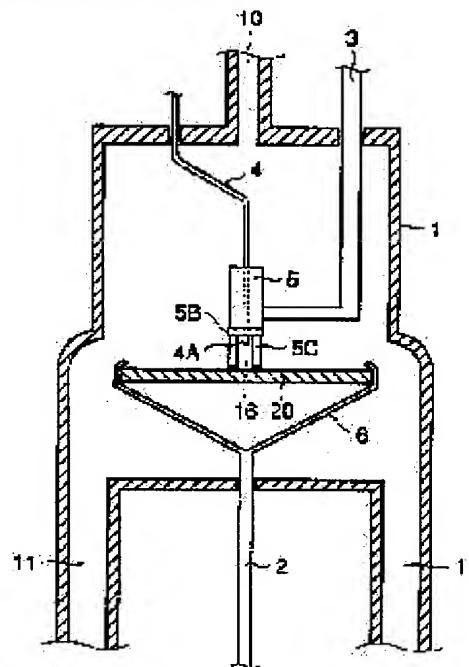
Priority number : 10288579 Priority date : 12.10.1998 Priority country : JP

## (54) DEVICE AND METHOD FOR CLEANING SEMICONDUCTOR SUBSTRATE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a cleaning device and method that can prevent mist from attaching to a cleaning bath during the cleaning of a semiconductor substrate and can obtain clean surface from high effect of removing of residual ground particles.

**SOLUTION:** A cover 5C is provided in a mist produced area to prevent splashing, so that the mist produced by high-pressure water jet during the cleaning of a semiconductor substrate is not reattached to the substrate 20. At the same time, a cavity is caused by bringing stationary water into contact with high-pressure water, and residual ground particles are removed by using high-frequency generated by the cavity. In addition, the high-pressure water ejection onto the semiconductor substrate surface is conducted in a liquid phase such as extra pure water, etc., so that mist does not occur at all from the beginning.



\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]A cleaning method of a semiconductor substrate characterized by comprising the following.

A process of laying a semiconductor substrate in a substrate holder part of a semiconductor substrate washing station.

A process which rotates said semiconductor substrate, and a process of impressing high frequency blowing off high pressure wash water towards said revolving cleaning surface of a semiconductor substrate.

[Claim 2]A cleaning method of the semiconductor substrate according to claim 1, wherein said high frequency impressed contains at least 400-kHz high frequency.

[Claim 3]A cleaning method of the semiconductor substrate according to claim 1, wherein said high frequency impressed has a continuous frequency component in a frequency band of 800 kHz or less.

[Claim 4]A cleaning method of a semiconductor substrate of any one statement of claim 1 to claim 3, wherein said high frequency impressed is generated by contacting said high pressure wash water into washing \*\*\*\*\* formed on said cleaning surface.

[Claim 5]A cleaning method of a semiconductor substrate of any one statement of claim 1 to claim 4, wherein said high pressure wash water blows off from a penetrant remover nozzle provided movable on said semiconductor substrate towards said cleaning surface.

[Claim 6]A cleaning method of a semiconductor substrate of the statement according to claim 5, wherein an inside diameter of said penetrant remover nozzle is 0.3 mm or more.

[Claim 7]A cleaning method of a semiconductor substrate of the statement according to claim 5, wherein an interval from said cleaning surface to said penetrant remover nozzle tip is not less than 7 mm.

[Claim 8]A cleaning method of a semiconductor substrate of any one statement of claim 4 to claim 7 when a part of high pressure wash water which blew off to this centrum of pencil sponge that has the centrum provided so that said penetrant remover nozzle might be surrounded stops said washing \*\*\*\*\* , wherein it is formed.

[Claim 9]A cleaning method of a semiconductor substrate of any one statement of claim 1 to claim 8 rotating said substrate with revolving speed of 10 rpm in a process which rotates said semiconductor substrate.

[Claim 10]A cleaning method of a semiconductor substrate of any one statement of claim 1 to claim 9, wherein a pressure impressed to said high pressure wash water is more than 30 kgf/cm<sup>2</sup>.

[Claim 11]A cleaning method of a semiconductor substrate of any one statement of claim 1 to claim 10 characterized by choosing the pH of said high pressure wash water so that potential of said cleaning surface and F-potential of particles which adhere at this cleaning surface may turn into potential of the same kind into said high pressure wash water.

[Claim 12]In said process of removing particles which said semiconductor substrate was laid in a substrate holder part by a wet state, and adhered to this cleaning surface in said process of

laying a semiconductor substrate, A cleaning method of a semiconductor substrate of any one statement of claim 1 to claim 11 characterized by supplying a rinse on this cleaning surface so that said cleaning surface may be maintained at a wet state.

[Claim 13]A substrate holder which should fix a substrate.

A high pressure water ejection mechanism in which it has the 1 surface of the substrate, and the rocket engine jets which countered when a substrate is fixed to said substrate holder.

A chamber which built in said substrate holder and said high pressure water ejection mechanism.

A gas supplying port connected to said chamber.

An exhaust port connected to said chamber.

It has further a rinsing water feed pipe which is the substrate cleaning device provided with the above, and supplies rinsing water to the other surfaces of said substrate.

[Claim 14]A substrate holder which should fix a substrate.

A high pressure water ejection mechanism in which it has the 1 surface of the substrate, and the rocket engine jets which countered when a substrate is fixed to said substrate holder.

A chamber which built in said substrate holder and said high pressure water ejection mechanism.

A gas supplying port connected to said chamber.

An exhaust port connected to said chamber.

It is the substrate cleaning device provided with the above, and a fluid is built in a cleaning tank in which storing and holding is possible in said chamber, and it is characterized by the ability to store said high pressure water ejection mechanism and said substrate holder to the cleaning tank.

[Claim 15]The substrate cleaning device according to claim 13 to 14, wherein a high-frequency oscillator which can impress high frequency (300 kHz thru/or 3 MHz) to the jet direction mostly is built in high pressure water in which said high pressure water ejection mechanism blows off from it.

[Claim 16]A process of laying a semiconductor substrate in a substrate holder part of a substrate cleaning device, a process of storing said substrate holder to a cleaning tank in said substrate cleaning device, A cleaning method of a semiconductor substrate including a process which fills up said substrate cleaning tank with a penetrant remover, and makes said semiconductor substrate dip into a penetrant remover, and a process of spouting high pressure water on the whole surface of said semiconductor substrate all over said cleaning tank.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]This invention is a thing about the washing station of a substrate, and the cleaning method of a semiconductor substrate, A washing station and a cleaning method for the same of the semiconductor substrate of single wafer processing which can fully remove minute particle especially, It is related with the new cleaning method (KYABI jet compound pen cleaning method: following "Cavipen cleaning method") which combined the conventional contact washing (Pen) which washes simultaneously the flat-surface part and hollowed part of a washing subject especially, and non-contact washing (CJ).

[0002]

[Description of the Prior Art]The particle adhering to the surface of the semiconductor substrate used for manufacture of a semiconductor device becomes the cause that a very minute thing is also poor, and the process control which enables thorough removal is called for as the working dimension of a semiconductor device becomes a detailed thing of a submicron unit. Impurities, such as metal which adhered to the surface similarly, become the cause that the electrical property of the thing of ultralow volume is also poor, and the removal similarly put into practice is called for.

[0003]For this reason, the method of obtaining the surface where cleanliness is dramatically high by washing with the high pressure pure water which impressed the ultrasonic wave of the megahertz belt as a method of removing surface particle effectively in recent years is developed, and the device development using such a method is also progressing.

[0004]The washing station of single wafer processing is known as a device using such a method. however, the various washing nozzles (for example, a water jet nozzle.) with which these sheet washing stations are equipped In washing using a cavitation jet nozzle, a water jet nozzle with megasonic one, etc., when 1 high pressure water is injected and irradiated by the semiconductor substrate surface and 2 high frequency (megasonic) is impressed, there is a problem where the mist of a steam soars into the gaseous phase. It reverse-sticks to this mist in the spin drying process after washing of a semiconductor substrate, and it may remain as a watermark on a substrate, or it adheres to the garbage in the gaseous phase further, and it may reverse-stick to it as particle on a substrate. In the case of a water jet nozzle with megasonic one, with the high pressure water described here A number  $\text{Kgf/cm}^2$  grade, In the case of a water jet nozzle and a cavitation jet nozzle, it has a pressure about several 10  $\text{Kgf/cm}^2$  thru/or several 100  $\text{Kgf/cm}^2$ .

[0005]Then, the semiconductor substrate washing station of the method which establishes and carries out forced exhaust of the exhaust port to a semiconductor substrate peripheral part as a measure which prevents generating of such mist is known.

[0006]Drawing 34 is used for below and the outline of the conventional semiconductor substrate washing station is explained.

[0007]Drawing 34 is outline sketch drawing of an important section when a semiconductor substrate is laid in the semiconductor substrate washing station of the conventional single wafer processing. Among the figure, the upper and lower sides are sealed, one is a chamber of the semiconductor substrate washing station formed almost cylindrical, penetrates the center of

pars-basilaris-ossis-occipitalis \*\*\*\*, and with the chamber 1 bottom, the substrate holder 2 of shaft shape is laid so that rotation sliding is [ being airtightly and ] possible. The substrate holder 2 is connected to the rolling mechanism which is not illustrated by the end of the chamber 1 exterior.

It is pivotable at high speed.

The substrate fixed jig 6 is connected to the other end inside [ chamber 1 ] the substrate holder 2. The semiconductor substrate 20 is fixed to the substrate fixed jig 6 almost horizontally, and the semiconductor substrate 20 is pivotable by rotation of the substrate holder 2. It estranges in the upper part of semiconductor substrate 20 surface slightly, and in the high pressure water jet, the tip 4A of the nozzle 4 of a high pressure water jet is laid in it so that jet is possible. Support fixing of this nozzle 4 is carried out by the nozzle frame 5 in the neighborhood of tip 4A.

[0008]On the other hand, where airtightness is held near the upper surface periphery of the chamber 1, the nozzle support arm 3 of shaft shape penetrates the chamber upper surface, and is laid so that sliding is possible, the rolling mechanism which is not illustrated in the chamber 1 exterior is connected to the upper bed, and rotation sliding in the definite angle range is possible. The above-mentioned nozzle frame 5 is being fixed to the end which the lower part of the nozzle support arm 3 was formed in the shape of an L character toward the direction of the chamber central part within the chamber 1, and was formed in the shape of [ the ] an L character.

[0009]By carrying out definite angle rotation of the nozzle support arm 3 by taking such composition, The nozzle frame 5 can be scanned to the whole diametral direction of the semiconductor substrate 20, and it becomes possible to make the whole surface of the semiconductor substrate 20 approach with the nozzle tip 4A by rotating the substrate holder 2 further.

[0010]The nozzle 4 serves as the feed pipe of high pressure water, is formed with a pipe with flexible thin stainless steel tube thru/or Teflon tube, etc., has a length margin which can sufficiently follow in footsteps in rotation of the nozzle support arm 3, and where airtightness is held to the chamber 1 exterior, it is drawn from the upper part of the chamber 1. The end of the chamber 1 exterior is connected to the high-pressure-water feed zone which is not illustrated, and supply of high pressure water is enabled continuously.

[0011]the chamber 1 top \*\* -- the gas supplying port 10 is mostly formed in the center, and inactive gas, such as nitrogen, can be supplied. On the other hand, the exhaust port 11 connected to the exhaust which the exterior does not illustrate is formed below the placing part of the semiconductor substrate 20 of the chamber 1, and the inactive gas supplied from the above-mentioned gas supplying port 10 can be exhausted. By taking such composition, and passing inactive gas, when blowing off and washing high pressure water on the semiconductor substrate 20 surface, the mist generated from high pressure water with inactive gas can be efficiently led to the exhaust port 11, and high pressure water can also be drained effectively.

[0012]Next, how to wash a semiconductor substrate surface using this device is explained.

[0013]The nozzle tip 4A is approached and the semiconductor substrate 20 is laid in the above-mentioned device (drawing 34).

[0014]Next, the substrate holder 2 and the nozzle support arm 3 are rotated at an angle of a request, respectively, nitrogen gas is supplied from the gas supplying port 10, and the semiconductor substrate 20 surface is washed by making a gas stream in the chamber 1 and making high pressure water blow off from the nozzle tip 4A by exhausting from the exhaust port 11.

[0015]Here, by impressing about 1.6-MHz high frequency to high pressure water, high frequency spreads on the semiconductor substrate 20 surface at the time of jet of high pressure water, and vibrational excitation of the detailed dust which adhered to the semiconductor substrate 20 surface according to the frequency is carried out, it comes floating, and is removed by high pressure water. Thereby, the semiconductor substrate 20 pure surface is obtained. Although a lot of mist occurs in the chamber 1 at this time, since the above-mentioned gas stream is formed in the chamber 1, the generated mist is discharged by the exhaust port 11 with a gas stream.

[0016]Then, supply of high pressure water can be stopped and the semiconductor substrate 20

can be dried by spin drying by performing only rotation of the substrate holder 2.

[0017]Below, the conventional cleaning method is described. The cleaning method carried out to a device process by the Chemical Mechanical Polishing (CMP) device which came to be used abundantly for the planarizing process after 64MDRAMs, Based on the concept (a semiconductor substrate is carried in in a CMP device by a dry state, and it takes out from a CMP device by a dry state after a flat chemically-modified degree and the end of a washing process) of Dry in/out, it comprises a flattening (polish) process and a washing process.

[0018]In the flat chemically-modified [ of the wafer which is a key objective of CMP ] degree, the abrasive grain child and chemicals which are called slurry are used, and, as for the abrasive grain child, alumina (aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), silica (SiO<sub>2</sub>), Seria (CeO<sub>2</sub>), etc. are used. As a film which is the target of CMP, there are an oxide film, a polysilicon film, tungsten (W), aluminum (aluminum), copper (Cu), etc. It is a key objective that a washing process removes the abrasive grain child who used to the flat chemically-modified [ the ] degree.

[0019]This artificer also examined the method of CMP mailbox cleaning of removing effectively the abrasive grain child who remained to the wafer surface after CMP. With the CMP mailbox cleaning described on these specifications. Washing which will be performed by the time a flat chemically-modified degree is completed and carries out spin-dry desiccation of the damp wafer is pointed out. Specifically, there are roll sponge washing (R/S), pencil sponge washing (Pen), ultrasonic cleaning (MJ), cavitation jet washing (Cavitation jet:CJ), etc. Three-step washing which performs continuously two-step washing which performs R/S washing and Pen washing continuously as the present CMP mailbox cleaning method, R/S washing and Pen washing, and MJ washing is in use.

[0020]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]First, the problem of the above-mentioned conventional semiconductor substrate washing station is described. That is, although the high pressure water which blew off from the (1) nozzle tip 4A generates a lot of mist on the semiconductor substrate 20 surface and the most is discharged from the exhaust port 11, many also float in the chamber 1 and those floating mist adheres to the semiconductor substrate 20 surface again. If dust in the gaseous phase may be adsorbed and contained in those mist and the moisture of mist evaporates after adhesion, dust will remain and adhere to the semiconductor substrate 20 surface, and removal will become difficult. Even when the mist in which dust is not contained sticks to the semiconductor substrate 20 surface and moisture evaporates, the trace of mist may remain as what is called a watermark.

[0021](2) Since a part of mist is floating in a chamber as mentioned above, it adheres to a chamber wall in many cases. Although this wall is usually products made of resin, such as vinyl chloride, When the penetrant remover containing acid and alkali is used for washing of a semiconductor substrate, alkali (for example, aqueous ammonia solution) reacts to acid (for example, chloride) with a chamber wall, salts, such as ammonium chloride, are formed, and there is a possibility of adhering to a wall surface and becoming a source of particle. Although these penetrant removers have a detergency more powerful than pure water, these cannot be used because of the above-mentioned problem.

[0022]A method lays a guard ring type cup, for example in the peripheral end of the :a semiconductor substrate 20, and keep the generating mist from a semiconductor substrate peripheral end especially with much mist generating from soaring as a method of solving the above-mentioned problem at.

b) An isomorphism-like disk is mostly prepared with the semiconductor substrate on a semiconductor substrate, a drug solution is put in from the center of the disk, and the method of suppressing mist generating, etc. are proposed by filling between a disk and a wafer with a drug solution, and washing it. However, in the above-mentioned a, although the mist from the circumference of a wafer can be prevented, to the mist generated on a wafer, it is completely ineffective. Although the generating of mist itself can be controlled in b, there are problems -- the original effect as a water jet of impressing an ultrasonic wave is not acquired.

[0023]Below, the problem about the conventional cleaning method is described. Drawing 35

shows signs that an abrasive grain child remains to the ground wafer surface, after the flat chemically-modified degree of CMP. The portion to which drawing 35 (A) remains in a crevice among the abrasive grain child to whom, as for DESSHINGU and drawing 35 (B), a scratch and drawing 35 (C) are a doubling marker's sections, and 61 remains, and the film by which 62 was formed on the wafer surface, and 63 are wafers. In the ground wafer surface, hollows, such as above-mentioned DESSHINGU and a scratch, produce depending on the shape of a pattern, and CMP conditions, and an abrasive grain child caves in there. There are problems, such as getting an abrasive grain child blocked with W-CMP in the hollow of the alignment mark (drawing 35 (C)) used for P photolithography process as an example of remarkable hollows other than these, and it is necessary to remove such particles remainings.

[0024]There are what removes particles by physical power, and a thing which removes particles by chemical power in the method of removing these particles remainings, and there are what is depended on contact, and a thing to depend on non-contact in the method of removing particles by physical power.

[0025]Since direct contact cannot be carried out to the abrasive grain child caved-in in contact washing (for example, two-step washing of R/S+Pen) in the hollow in the method of removing particles by physical power, it is dramatically difficult to remove above DESSHINGU, a scratch, and the abrasive grain child that remains inside an alignment mark.

[0026]Although examination which removes particles by performing physical washing of noncontact types, such as MJ and CJ, is made, There is a problem of changing with the dissolved gas concentration of the ultrapure water which the relation between hard conditions, such as frequency of an ultrasonic wave and an output, and a particle extraction ratio uses for washing in MJ washing, and it is not a master of MJ washing. On the other hand, in CJ washing, liquid washing mist occurs by blow off of high pressure water and the vertical exposure to a wafer, and there are problems, such as causing reverse contamination of a watermark at the time of desiccation.

[0027]In the meaning called removal of the particles by which the cleaning capacity evaluation using the particles which adsorbed on the wafer of the flat surface where no hollow is generally in noncontact physical cleaning evaluation, such as MJ and CJ, is main, and was standardized, and which become depressed (crevice) and exist in inside, examination is hardly made.

[0028]This invention provides the CMP mailbox cleaning method which has an advantage of both the conventional contact washing (Pen) and non-contact washing (CJ) and which develops a new cleaning method (a KYABI jet compound pen cleaning method, henceforth, "Cavipen cleaning method"), and can wash a flat-surface part and a hollowed part simultaneously.

[0029]

[Means for Solving the Problem]In order to solve the above-mentioned technical problem, a cleaning method of a semiconductor substrate concerning this invention is provided with the following.

A process of laying a semiconductor substrate in a substrate holder part of a semiconductor substrate washing station.

A process which rotates said semiconductor substrate.

A process of impressing high frequency blowing off high pressure wash water towards said revolving cleaning surface of a semiconductor substrate.

[0030]In a described method, as for said high frequency impressed, it is desirable to include at least 400-kHz high frequency, and it is also desirable to have a frequency component which continues in a frequency band of 800 kHz or less. By constituting in this way, also when adhering particle diameter is various, it becomes possible to eliminate these particles effectively.

[0031]In a described method, said high pressure wash water, It shall blow off from a penetrant remover nozzle provided movable on said semiconductor substrate towards said cleaning surface, and an inside diameter of said penetrant remover nozzle shall be 0.3 mm or more, and, as for an interval (high-pressure-water blow-off position) from said cleaning surface to said penetrant remover nozzle tip, it is desirable to be referred to as not less than 7 mm. As for the number of substrate rotations, it is desirable revolving speed of not less than 10 rpm and to

consider it as revolving speed of not less than 1000 rpm preferably. As for a pressure impressed to said high pressure wash water, it is desirable to use more than  $30 \text{ kgf/cm}^2$ . By constituting in this way, a cavity for generating high frequency is formed efficiently, and a cleaning effect can be heightened.

[0032]High frequency which has said continuous frequency component may be generated by one high frequency generator which consists of pencil sponge which has a centrum connected with an open end and this open end, and washing nozzles provided so that a nozzle tip might project in this centrum. Even if it does not form two or more high frequency generators by doing in this way, it becomes possible to impress simultaneously high frequency which has various frequency components to a cleaning surface.

[0033]In said cleaning method, it is desirable to choose the pH of a penetrant remover so that potential of said cleaning surface and F-potential (electric potential which exists so that an interface of a solid and a fluid may be crossed: electrokinetic potential) of particles adhering to this cleaning surface may turn into potential of the same kind. It not only may choose the pH of a penetrant remover, but it may control such F-potential using a surface-active agent (a cation system, an anionic system). By constituting in this way, it becomes possible to be able to prevent making particles estrange from a cleaning surface, or carrying out the reattachment according to repulsive force by a F-potential difference of particles adhering to said cleaning surface and this cleaning surface, and to heighten a cleaning effect as a result.

[0034]In order to solve the above-mentioned technical problem, in a substrate cleaning device concerning this invention. A substrate holder which should fix a substrate, and a high pressure water ejection mechanism in which it has the rocket engine jets which countered with the 1 surface of the substrate when a substrate was fixed to said substrate holder, It is a substrate cleaning device which has a chamber which built in said substrate holder and said high pressure water ejection mechanism, a gas supplying port connected to said chamber, and the exhaust port connected to said chamber, and is characterized by said high pressure water ejection mechanism consisting of a high pressure water ejection part and a high-pressure-water scatter prevention part.

[0035]Here, as for said gas supplying port, serving as an exhaust port is desirable.

[0036]Said high pressure water ejection part is a high-pressure-water supply nozzle tip, and it is desirable for said high-pressure-water scatter prevention part to be the cover formed in said circumference of a high-pressure-water supply nozzle.

[0037]It is desirable that it is hollow cylinder type sponge which said cover is formed in contact with said high-pressure-water supply nozzle tip, and has a cave in said high-pressure-water supply nozzle tip lower part.

[0038]A substrate holder which should fix a substrate in a substrate cleaning device concerning this invention, A high pressure water ejection mechanism in which it has the rocket engine jets which countered with the 1 surface of the substrate when a substrate was fixed to said substrate holder, It has further a rinsing water feed pipe which is a substrate cleaning device which has a chamber which built in said substrate holder and said high pressure water ejection mechanism, a gas supplying port connected to said chamber, and the exhaust port connected to said chamber, and supplies rinsing water to the other surfaces of said substrate.

[0039]A substrate holder which should fix a substrate in a substrate cleaning device concerning this invention, A high pressure water ejection mechanism in which it has the rocket engine jets which countered with the 1 surface of the substrate when a substrate was fixed to said substrate holder, A chamber which built in said substrate holder and said high pressure water ejection mechanism, It is a substrate cleaning device which has a gas supplying port connected to said chamber, and the exhaust port connected to said chamber, A fluid is built in a cleaning tank in which storing and holding is possible in said chamber, and it is characterized by the ability to store said high pressure water ejection mechanism and said substrate holder to the cleaning tank.

[0040]As for said high pressure water ejection mechanism, it is desirable to build a high-frequency oscillator which can impress high frequency (300 kHz thru/or 3 MHz) to the jet



direction mostly in high pressure water which blows off from it at each aforementioned substrate cleaning device.

[0041]In a cleaning method of a semiconductor substrate concerning this invention. A process of laying a semiconductor substrate in a substrate holder part of a substrate cleaning device, a process of storing said substrate holder to a cleaning tank in said substrate cleaning device, A process which fills up said substrate cleaning tank with a penetrant remover, and makes said semiconductor substrate dip into a penetrant remover, and a process of spouting high pressure water on the whole surface of said semiconductor substrate all over said cleaning tank are included.

[0042]

[Embodiment of the Invention]A drawing is used for below and an embodiment of the invention (it is written as an embodiment below) is described to it in detail.

[0043](A first embodiment) With reference to drawing 1, the semiconductor substrate washing station concerning a first embodiment of this invention is explained in detail below.

[0044]Drawing 1 is outline sketch drawing of an important section when a semiconductor substrate is laid in the semiconductor substrate washing station of single wafer processing concerning a first embodiment of this invention. Among the figure, the upper and lower sides are sealed, one is a chamber of the semiconductor substrate washing station made from vinyl chloride formed almost cylindrical, penetrates the center of pars-basilaris-ossis-occipitalis \*\*\*\*, and with the chamber 1 bottom, the substrate holder 2 made from vinyl chloride of shaft shape is laid so that rotation sliding is [ being airtightly and ] possible. It is connected to the rolling mechanism which is not illustrated by the end of the chamber 1 exterior, and the substrate holder 2 is pivotable at high speed. The substrate fixed jig 6 formed removable in the semiconductor substrate by the operation from the substrate holder 2 lower part is connected to the other end inside [ chamber 1 ] the substrate holder 2. The semiconductor substrate 20 turns the surface (device forming face) up, it is fixed to the substrate fixed jig 6 almost horizontally, and the semiconductor substrate 20 is pivotable by rotation of the substrate holder 2.

[0045]By carrying in from the load lock chamber which was connected to the chamber 1 side and which is not illustrated, without breaking the atmosphere in the chamber 1, carrying-in installation is possible for this semiconductor substrate 20, and it can be taken out.

[0046]It estranges slightly in the upper part from the semiconductor substrate 20 surface, and the tip 4A of the nozzle 4 of the high pressure water jet formed by the tube which consists of a thin stainless steel tube, a Teflon tube, or silicon nitride is laid so that jet of a high pressure water jet is possible. Support fixing of this nozzle 4 is carried out in the neighborhood of tip 4A by the nozzle frame 5 made from vinyl chloride. The umbrella type cover 5A of conical shape is attached to the lower side periphery of this nozzle frame 5 by the product made from Teflon so that the nozzle 4 projected from the lower center section may be covered, and scattering of the mist generated with the high pressure water which blew off from the nozzle 4 can be prevented now.

[0047]On the other hand, where airtightness is held near the upper surface periphery of the chamber 1, the nozzle support arm 3 of the shaft shape which acted as salt Vicor Tyng penetrates the chamber upper surface, and is laid so that sliding is possible, The rolling mechanism which is not illustrated in the chamber 1 exterior is connected to the upper bed, and rotation sliding in the definite angle range is possible. The above-mentioned nozzle frame 5 is being fixed to the end which the lower part of the nozzle support arm 3 was formed in the shape of an L character toward the direction of the chamber central part within the chamber 1, and was formed in the shape of [ the ] an L character.

[0048]By fixing the nozzle frame 5 to the nozzle support arm 3 stably, and carrying out definite angle rotation of the nozzle support arm 3 by taking such composition, The nozzle frame 5 can be scanned to the whole diametral direction of the semiconductor substrate 20, and it becomes possible to make the whole surface of the semiconductor substrate 20 approach with the nozzle tip 4A by rotating the substrate holder 2 further.

[0049]The nozzle 4 formed with pipes, such as a tube which consists of a thin stainless steel

tube, a Teflon tube, or silicon nitride, serves as the feed pipe of high pressure water, It has a length margin which can sufficiently follow in footsteps in rotation of the nozzle support arm 3, and where airtightness is held to the chamber 1 exterior, it is drawn from the chamber 1 upper part. The end of the chamber 1 exterior is connected to the high-pressure-water feed zone which is not illustrated, and supply of high pressure water is enabled continuously.

[0050]the chamber 1 top \*\* -- the gas supplying port 10 is mostly formed in the center, and inactive gas, such as nitrogen, can be supplied. On the other hand, the exhaust port 11 connected to the exhaust which was laid outside, and which is not illustrated is formed below the placing part of the semiconductor substrate 20 of the chamber 1, and the inactive gas supplied from the above-mentioned gas supplying port 10 can be exhausted. By taking such composition, and passing inactive gas, when blowing off and washing high pressure water on the semiconductor substrate 20 surface, the mist generated from high pressure water with inactive gas can be efficiently led to the exhaust port 11, and high pressure water can also be drained effectively.

[0051]Next, how to wash a semiconductor substrate surface using this device is explained. The semiconductor substrate 20 is introduced and laid in the position close to the nozzle tip 4A of the above-mentioned device from the load lock chamber which is not illustrated (drawing 1). Next, the substrate holder 2 at for example, the number of rotations of 100 thru/or 1000 rpm. The nozzle support arm 3 is moved with the sliding speed of 10 thru/or about 50 mm/sec, About 10 slm of nitrogen gas are supplied from the gas supplying port 10, from the exhaust port 11, by exhausting, a gas stream is made and the semiconductor substrate 20 surface is further washed for high pressure water 1 thru/or by making about 10 sccm blow off from the nozzle tip 4A.

[0052]Here, by impressing about 1.6-MHz high frequency to high pressure water, high frequency spreads on the semiconductor substrate 20 surface at the time of jet of high pressure water, and vibrational excitation of the detailed dust which adhered to the semiconductor substrate 20 surface according to the frequency is carried out, it comes floating, and is removed by high pressure water. Thereby, the semiconductor substrate 20 pure surface is obtained.

[0053]By the way, at the time of this high pressure water ejection, high pressure water serves as a jet stream, and blows off from the nozzle tip 4A, it is glared and reflected by the semiconductor substrate 20, and a lot of steam mist occurs.

[0054]According to this embodiment, this steam mist collides with the hydrophobic surface of the Teflon of the umbrella type cover 5A inside, loses energy, forms waterdrop as it is, and falls to the semiconductor substrate 20 surface. Therefore, it does not adhere to the semiconductor substrate 20 surface in the state of steam mist.

[0055]Expansion sketch drawing near the umbrella type cover 5A is shown in drawing 2. Here, A shows the distance from the lower end part of the umbrella type cover 5A to the semiconductor substrate 20 surface, B shows the opening length of an umbrella type cover 5A lower end part, and C shows the distance from the nozzle tip 4A to the semiconductor substrate 20 surface, respectively.

[0056]Distance A from the lower end of the umbrella type cover 5A to the semiconductor substrate 20 surface is made into a center-to-face dimension at drawing 3, A relation when the pressure (primary high-pressure-water pressure) of the high pressure water at the time of semiconductor substrate cleaning when the center-to-face dimension is 5 mm and 1 mm is taken along a horizontal axis and the number of adhesion dust on the 8-inch semiconductor substrate after washing and desiccation (per wafer the number of particle) is taken along a vertical axis is shown. Here, the opening length B of the umbrella type cover 5A lower end part set 100 mm and distance C from the nozzle tip 4A to the semiconductor substrate 20 surface to 10 mm.

[0057]From drawing 3, when a center-to-face dimension is set as 1 mm, even if it is high pressure water about 100 kgf/cm<sup>2</sup>, the number of particle (based on reverse adsorption of mist) is low stopped with about five or less pieces per wafer, but. When a center-to-face dimension was 5 mm, it turned out that the high pressure water about 50 kgf/cm<sup>2</sup> also increases in number as compared with the case where the number of particle sets about ten pieces and a center-to-

face dimension as 1 mm per wafer.

[0058]Next, the opening length B of an umbrella type cover 5A lower end part (nozzle width B) is changed to drawing 4 from 20 mm to 100 mm, The relation of the number of particle was shown per wafer after washing / desiccation when the pressure of the high pressure water with which the semiconductor substrate 20 is irradiated is made into 50 kgf/cm<sup>2</sup> and 100 kgf/cm<sup>2</sup>. Here, center-to-face dimension A is 1 mm. There was a difference with the pressure of high pressure water so that clearly from this figure, but although the number of particle was stabilized per wafer and it was small when it was not less than 80 mm in nozzle width, when it became the nozzle width of 40 mm or less, it turned out per wafer that the number of particle increases dramatically.

[0059]Next, it explains using a drawing per modification of the semiconductor substrate washing station which requires this embodiment.

[0060]Drawing 5 is section outline sketch drawing of the modification of this embodiment. Here, identical codes are given to the first above-mentioned embodiment and identical parts, and explanation is omitted.

[0061]In this modification, it changes into the umbrella type cover 5A of a first above-mentioned embodiment, and the sponge fixed jig 5B made from Teflon is attached to the nozzle frame lower end. And the product made from Teflon formed in doughnut form so that the circumference of the nozzle tip 4A might be surrounded, or the pencil sponge 5C made of polyvinyl system resin is being fixed to the inside of sponge fixed jig 5B so that the bottom may touch the semiconductor substrate 20 surface.

[0062]If substrate washing is performed using the device by the above-mentioned modification, it is still rarer by washing contacting the pencil sponge 5C on the semiconductor substrate 20 surface for mist to disperse in the exterior of the sponge fixed jig 5B.

[0063]In order to contact the pencil sponge 5C on the semiconductor substrate 20 surface, The interval of the sponge fixed jig 5B and the semiconductor substrate 20 is permitted until just before the sponge fixed jig 5B contacts the semiconductor substrate 20 from the position to which the pencil sponge 5C contacts the semiconductor substrate 20 surface, and it is wide. [ of tolerance level ]

[0064]The pencil sponge 5C may be formed in cylindrical here, as shown in the sectional view of the important section of the nozzle tip part shown in drawing 22. The numerals same about the same portion as drawing 5 here are attached, and explanation is omitted. Even if the semiconductor substrate 20 surface and a close area which are and contacts by carrying out increase in the pencil sponge 5C and some openings produce between a pencil sponge 5C tip and the semiconductor substrate 20 surface by taking such a gestalt, it is still rarer for mist to disperse in the exterior of the sponge fixed jig 5B.

[0065]By considering it as such shape, a possibility that mist will disperse in the exterior of the sponge fixed jig 5B can be lessened further.

[0066]The construction material of the pencil sponge 5C is not restricted to polyvinyl system resin.

[0067](A second embodiment) Next a second embodiment of this invention is started, for example, the cleaning method using the above-mentioned pencil sponge 5C is explained in detail.

[0068]The experiment which compares the cleaning method according the Cavipen cleaning method concerning this invention to the conventional Pen, the cleaning method by CJ, and the cleaning method by MJ, and the experiment which investigates the various parameters which affect a Cavipen cleaning method were conducted in the following ways.

[0069]1) As an experimental device washing experimental device, the R/S module was in every one set each with each module of two sets, Pen (Cavipen common use), MJ, and CJ. Each module is the same structure as a substrate cleaning device as fundamentally shown in drawing 34, and the structures of a nozzle differ according to the kind of cleaning method.

[0070]The outline sectional view of each nozzle of Pen, CJ, Cavipen, and MJ used for these modules is shown in drawing 6 (A) thru/or (D), respectively. In drawing 6, a nozzle jig and 13 12

The pencil sponge made from pillar-shaped PVA, As for the pencil sponge made from PVA for which 14 has a low-pressure-water nozzle, 15 has a high-pressure-water nozzle, and 5C has a centrum, and 16, the vibrator for high frequency generation and 18 are the nozzle tip parts made from Teflon the centrum of this pencil sponge, and 17.

[0071]In Pen, contact washing is performed by scanning a cleaning surface top, rotating the pencil sponge 13.

[0072]In CJ, high pressure water ( $10 - 110 \text{ kgf/cm}^2$ ) is supplied to the high-pressure-water nozzle 15, and to the low-pressure-water nozzle 14, low pressure water ( $1 - 2 \text{ kgf/cm}^2$ ) is supplied simultaneously, and is ejected towards a cleaning surface. Many cavities (Cavity: cave) are formed by the interface of the high pressure water and low pressure water which were ejected. In Cavipen, the pencil sponge 5C is used for the sponge made from PVA used for Pen for the sponge which has the centrum 16 5-8 mm in inside diameter. Only the nozzle 4 which takes out high pressure water into it (high pressure water) is attached. A cavity occurs because high pressure water blows off in the drug solution which collects in the centrum 16 of the pencil sponge 5C.

[0073]A nozzle diameter ( $D = 0.3, 0.4 \text{ mm}$ ) and the height ( $L = 3, 5 \text{ and } 7, 9 \text{ or } 11 \text{ mm}$ ) from a wafer are among the high-pressure-water nozzles 15 and the nozzles 4 which blow off high pressure water as a parameter.

[0074]In MJ, the frequency of 200 kHz, 400 kHz, 700 kHz, 1 MHz, and 1.5 MHz were used.

[0075]2) Sample : the wafer (semiconductor substrate) was used for the reference (standard for comparison) by using an 8-inch bear Si wafer as a flat-surface wafer. What formed the slot on the last shipment in an 8-inch Si wafer by RIE was used for this wafer (henceforth "a concave shape wafer"). The minimum last shipment of the trench depth is 1 micrometer/3 micrometer in 5000 Å. TEOS, Poly-Si, and an SiN film were formed by a thickness of 200-2000 Å by LP gas-CVD to the concave shape Si wafer, respectively.

[0076]About particles, the particles used for cleaning evaluation used the thing which made ultrapure water agitate high purity alumina (mean particle diameter of 0.7 micron: made by an ADOMA textile company) as standard particle liquid.

[0077]3) the cleaning evaluation procedure evaluation system used AIT-8000 (all — the product made by KLA-Tencor) for SP1 or SFS6200, and a concave shape wafer as a particle counter to the raise in basic wages Si wafer, respectively. The amount of particle (Defect) of the initial of each wafer was measured with the defect inspection device. Then, in order to make particles apply on a wafer, it holds, rotating a wafer at 100 rpm with a R/S module, After irradiating with ultrapure water from the stationary nozzle and maintaining a wafer surface at wettability, standard particle liquid was hung down only to an about 3-cc wafer surface, and pure water roll cleaning by scrubbing was performed for 20 seconds. Then, when drying a wafer, spin drying was carried out by MJ module. This is called a dry sample. On the other hand, when cleaning evaluation of particles which is sticking to a wafer by the wet state was performed without drying a wafer, as it was, each washing module was made to convey a wafer and cleaning evaluation was performed. This is called a wet sample. The dry sample performed the adsorption initial value of standard particles by SP1, SFS6200, and AIT, and performed cleaning evaluation by each washing module after measurement. The dry sample and the wet sample measured the last particle remains value by SP1, SFS6200, and AIT after washing by each module. The drug solution used for cleaning evaluation was used as the diluted ammonia water of a room temperature, and set the hydrogen-ion density (pH) to 10 as main cleaning conditions. pH 7-10 were chosen as the range in the experiment which investigates a dilution effect (pH dependence).

[0078]4) MJ (1.5 MHz) was performed for frequency characteristic evaluation of the cavity generated with the frequency characteristic valuation method Cavipen as a reference. A hole 5 mm in diameter was made in the disk made from SUS of the same path as a wafer, a sound pressure sensor (made by TOYO) 5 mm in diameter was inserted from the disk rear-face side, and the disk surface and a sensor surface were coincided. MJ and Cavipen were installed in right above [ this / sensor ], and it glared on the sensor, without making a nozzle rock in a cleaning

condition. Frequency characteristic analysis was conducted in the digital analyzer.

[0079][Experimental result] MJ particle cleaning evaluation result which serves as a standard of evaluation at the beginning is shown. (Frequency dependence evaluation : wholly dry sample) Drawing 7 shows the cleaning effect (extraction ratio: %) at the time of impressing different frequency in a bear Si wafer. The cleaning condition was made into the wafer number of rotations of 100 rpm, the nozzle scanning speed of 5 mm/sec, the three number of times of a scan, and 40 to 45 nozzle irradiation angles. Generally, if the cleaning effect of particles makes the output of an ultrasonic wave increase, in order to improve and to perform the comparative examination of only frequency simply, the output of each frequency used for this removal evaluation set amplitude voltage of each frequency peaks to 270 mV, and set only 1.5 MHz to 370 mV. As a result, in the whole particle having contained the floc up to about 0.2-10 microns, it turned out that that cleaning effect has frequency dependence, and it turned out that the frequency of hundreds of kHz order which is 200-700 kHz shows a high cleaning effect compared with MHz especially.

[0080]The washing time dependency in 200,400,500,700 kHz in the same irradiated part at the time of fixing a nozzle to the wafer center position in a bear Si wafer (circle 40 mm in diameter) was shown in drawing 8 (circle (the number of particles remainings / 40mm after washing)). If each frequency of irradiation time increases, a cleaning effect will go up (the number of remains alumina particles decreases).

[0081]However, when frequency which is different by exposure for [ same ] 20 seconds was impressed and washed and each backwashing rate was measured, it became clear that a 400-700-kHz frequency band was also notably quick.

[0082]Next, change of the cleaning effect of the alumina particle at the time of changing the applied frequency by MJ as what shows the standard of the cleaning effect about a concave shape wafer about the sample which formed the SiN film on the above concave shape wafers as a surface film was examined. The relation between the applied frequency by this test result and an extraction ratio is shown in drawing 9. As a result of investigating the particle remaining state before and behind washing using AIT-8000, it turned out that this concave shape wafer also has a cleaning effect with highest about 400 kHz.

[0083]Generally the particle removal mechanism using an ultrasonic wave is said for the acceleration energy of an ultrasonic wave, rectilinear-propagation style energy, and the energy at the time of the cavernous destruction by cavity SHON to involve. It is said that the relation between the frequency of an ultrasonic wave and the grain size which can be washed is not clear as mentioned above, but it is a relation of the reverse proportion of frequency to the standard said that a particle with a size of about 3 microns or more is removable at 28 kHz experientially. That is, removal ability possible grain size is :removal ability possible grain-size (micron)

$= 3 \times 28 \times 10^3 (\text{Hz}) / \text{using frequency (f)}$ .

It is expressed with the expression of relations to say. According to this formula, removal of size particle of about 0.08 microns or more is attained by the size of about 0.16 microns or more, and 1 MHz at 500 kHz. Therefore, it seemed that it has the cleaning capacity in which the MHz band is more expensive than a kHz band with all the grain size when mean particle diameter which was used this time washes the spherical particle which is a 0.7-micron (a minimum of 0.1- a maximum of 3 microns) grade. However, the result of having had cleaning capacity with a hundreds of kHz high ultrasonic wave actually was brought as I understood from the above-mentioned test result.

[0084]In order to remove such an alumina particle from the above-mentioned experimental result, it turns out that washing by the cavity which is easy to produce in the low frequency side in liquid is effective. That is, acceleration and rectilinear-propagation style energy can say that it is difficult to remove after CMP the particles which are sticking to a wafer surface only by physical power in MHz band washing used as a key factor. In order to give a cleaning effect by MHz band washing, the film itself to which particles are sticking is etched chemically, and a particle removing effect can be expected by using together with a lift-off operation.

[0085]On the other hand, the damage to a wafer poses a problem by washing using an ultrasonic

wave, and it has the problem of a damage similarly with the wafer washing device of a batch type. With the damage to the wafer in this case, the pattern collapse (jump) of a ULSI minute pattern is main, and poses a serious problem also with a 0.25-micron device. This damage problem is a phenomenon which has become clear in connection with the minuteness making of a pattern, and is high. [ of a possibility that it is a problem that the particle size used as pattern size and the candidate for washing is the almost same size ]

[0086]In order to solve the problem of this pattern jump, removal efficiency falls from a viewpoint called removal of the particles which are the original purposes, but. The trial on which the output of MHz is dropped even to such an extent that a pattern jump does not take place, Gases, such as oxygen, nitrogen, and argon, are sent into liquid washing or ultrapure water, only the cavity considered to participate in particle removal is generated efficiently, and the trial which weakens the acceleration of an ultrasonic wave and the grade of rectilinear-propagation style energy is made. However, since the method of removing only particle effectively is not clear without giving a damage to a wafer, it is difficult to use ultrasonic cleaning for CMP mailbox cleaning under the present circumstances.

[0087][Cavipen cleaning method] The Cavipen cleaning method concerning this invention is performed about as follows.

[0088]Drawing 10 is a schematic diagram showing an example of a device which enforces the Cavipen cleaning method concerning this invention, and is the same as that of the device shown in drawing 1, and a profile, the same reference number is given to the same member and part, and those detailed explanation is omitted.

[0089]In the device shown in drawing 10, the semiconductor substrate 20 is introduced and laid in the position close to the nozzle tip 4A from the load lock chamber which is not illustrated.

[0090]Next, the substrate holder 2 at for example, the number of rotations of 100 thru/or 1000 rpm. The nozzle support arm 3 is moved with the sliding speed of 10 thru/or about 50 mm/sec, From the gas supplying port 10, supply about 10 slm of nitrogen gas, and from the exhaust port 11, The high pressure water which made the gas stream and applied the pressure of 30 kgf/cm<sup>2</sup> thru/or 110 kgf/cm<sup>2</sup> by exhausting further, for example, The semiconductor substrate 20 surface is washed 1 thru/or by making about 10 sccm blow off from the nozzle tip 4A which projects in the centrum 16 of the pencil sponge 5C. A rinse may be supplied to this surface from a rinse feed pipe (not shown) so that the semiconductor substrate 20 surface may be maintained at a wet state among these washing processes.

[0091]Here, if the high pressure water injected from the nozzle tip 4A contacts the stillness water or low pressure water which collected in the centrum 16 in the pencil sponge 5C, many cavities will arise. When these cavities are crushed, high frequency occurs, high frequency spreads on the semiconductor substrate 20 surface, and vibrational excitation of the detailed dust which adhered to the semiconductor substrate 20 surface according to the frequency is carried out, it comes floating, and is removed by high pressure water. Thereby, the semiconductor substrate 20 pure surface is obtained.

[0092][comparison of an effect with a Capven cleaning method and other cleaning methods] -- next, the examination of [ by Cavipen washing / the particle removing effect and cleaning effect / the effect of other cleaning methods ] was done. The cleaning effect of chemical cleaning, Pen washing, and Cavipen washing was measured and compared with the examination using the data (henceforth "a TEOS concave shape wafer") which performed the above-mentioned standard particle spreading to the concave shape wafer which formed the TEOS film as a surface film. Each was measured, when only diluted-ammonia-water washing was performed about chemical cleaning, Pen washing was performed simultaneously [ with diluted-ammonia-water washing ] about Pen washing and Cavipen washing was performed simultaneously [ with diluted-ammonia-water washing ] about Cavipen washing. It measured as a comparison object also about the TEOS concave shape wafer of the reference (with no standard particle spreading). These data washed, where wet conveyance is carried out.

[0093]In the TEOS concave shape wafer which performed only chemical cleaning. In the TEOS concave shape wafer which particles remaining remains all over almost and performed Pen



washing simultaneously with chemical cleaning. Although there was quite little particles remaining compared with the TEOS concave shape wafer which performed only chemical cleaning, remains owner particles were seen on the whole surface, and with the TEOS concave shape wafer which performed Cavipen washing simultaneously with chemical cleaning, it turned out that particles are removed, so that it was close to the almost same state as a reference.

[0094]The above-mentioned measurement result is shown in drawing 11. Particles are adsorbing to tens of thousands of orders only by carrying out chemical cleaning of what carried out the pure water Rolls Royce club of the standard particles so that clearly from drawing 11. That is, an alumina particle is hardly unremovable only by chemical cleaning which performed diluted-ammonia-water rinse after wet conveyance. However, since this diluted-ammonia-water processing is performed by the room temperature state, etching of the oxide film by an alkali solution hardly takes place. If it carries out raising temperature by oxidizing film conversion to about 70 °C for performing SCI processing of RCA washing which can be etched about several angstroms, as for a few, particle removal can expect by lift off effect.

[0095]When Cavipen washing was added to the diluted-ammonia-water rinse state, removal became possible to the initial defect level (state before standard particle liquid spreading) which has not carried out the pure water Rolls Royce club of the standard particles of a reference. Since this removed the particles which are sticking to the inside of the slot on the crevice since contact washing by Pen washing and non-contact washing by a cavity are simultaneously performed in Cavipen washing, it can be said. however, even if it carried out only Pen washing which is physical washing to the diluted-ammonia-water rinse state, the alumina particle has been removed about 90%, but on the wafer, it was alike and was left about 10%. It means that the particles by which the inside of a slot (or pars basilaris ossis occipitalis) is adsorbed are unremovable even if this can remove the alumina which was sticking to the Mizogami part which can contact only by pencil sponge.

[0096]In [the hard parameter dependency of a Cavipen cleaning method], and the Cavipen cleaning method which starts this invention in time, the reason which a cavity produces is considered as follows. A cavity generating key map is shown in drawing 12. In drawing 12, as for 5B, a high-pressure-water nozzle and 5C a nozzle jig and 4 Pencil sponge, As for a cavity and D, the high-speed column of water ejected from the nozzle 4 71 and 72 are [ the height from a wafer to a nozzle lower end part and P of a nozzle inside diameter and L ] the pressures of the high pressure water in a nozzle the water of a low speed or a still water state, and 73.

[0097]In drawing 12, if high-pressure water (or liquid washing and the following only consider it as "water") is supplied to the course in a nozzle, water will serve as a high-speed column of water, and will be ejected from a nozzle lower end opening part. The ejected water stops as the water 72 of a low speed or a still water state in the centrum of pencil sponge except it, although a part flows out of the crevice between a cleaning surface and the lower end of pencil sponge. If the high-speed water 71 blows off in a low speed or the water 72 of a state of rest, the cavity (cave) 73 will arise by friction of water itself [ with which speed is different ]. Since the surface area of the high-speed column of water 71 will increase if the nozzle inside diameter D which considering the generating process of the cavity 73 blows off high-speed water is large, a touch area with the still water 72 increases. That it is also high, height [ from a wafer to a nozzle lower end part ] L, i.e., the blow-off position of a high-speed column of water, increases a touch area with still water similarly. Since the rate of flow of high-speed water will increase if the pressure P applied to high-speed water is high, the touch area per unit time increases. Therefore, all of these parameters are the factors which increase a touch area with the still water 72, and generate the cavity 73 efficiently as a result.

[0098]Next, the cleaning capacity of Cavipen changed the hard parameter (refer to a nozzle diameter (D), a blow-off position (L), wafer number of rotations, the pressure (P) of a penetrant remover, and drawing 12), and the cleaning effect was evaluated.

[0099]Drawing 13 shows the difference in a cleaning effect when a nozzle diameter (D) is 0.3 mm and 0.4 mm in a Cavipen cleaning method. It was referred to as blow-off position (L) =11mm, wafer number-of-rotations =1000rpm, and pressure (P) =50 kgf/cm<sup>2</sup> about other parameters. It turned out that the cleaning effect of the one where a nozzle diameter is larger is high so that

clearly from drawing 13.

[0100]Drawing 14 shows the difference in a cleaning effect when a high-pressure-water blow-off position (L) is 7 mm and 11 mm in a Cavipen cleaning method. About other parameters, it was considered as nozzle diameter (D) = 0.3mm, wafer number-of-rotations = 1000rpm, and pressure (P) = 110 kgf/cm<sup>2</sup>. It turned out that the cleaning effect of the higher one [ position / high-pressure-water blow-off ] is high so that clearly from drawing 14.

[0101]Drawing 15 shows the difference in a cleaning effect when wafer number of rotations is 10 rpm, 100 rpm, and 1000 rpm in a Cavipen cleaning method. About other parameters, it was considered as nozzle diameter (D) = 0.3mm, blow-off position (L) = 11mm, and pressure (P) = 50 kgf/cm<sup>2</sup>. It turned out that the cleaning effect of the one where wafer number of rotations is larger is high so that clearly from drawing 15.

[0102]Drawing 16 shows the difference in the cleaning effect produced by the difference in the pressure (P) applied to the penetrant remover. Nozzle diameter (D) = 0.3mm, blow-off position (L) = 11mm, wafer number of rotations = A pressure (P) under the conditions of 1000 rpm 50 kg, Nozzle diameter (D) = 0.4mm, blow-off position (L) = 11mm, wafer number of rotations when referred to as 110 kg = the case where a pressure (P) was 30 kg, 60 kg, and 90 kg under the conditions of 2000 rpm was measured, respectively. It turned out that a cleaning effect goes up as the pressure (P) increased so that clearly from drawing 16.

[0103]That is, the cleaning capacity of Cavipen washing improves, so that a pressure is so high that the high-pressure-water blow-off position of a nozzle separates from a wafer so that the nozzle diameter of high pressure water is large, so that drawing 13 - drawing 16 may show. The cleaning effect of number of rotations of a wafer improves like the number of high rotational. The cleaning effect of the Cavipen cleaning method concerning this invention can be further increased by setting these parameters as a big value, as long as conditions allow (a washing station, cleaning surface construction material, etc.).

[0104][Dry cleaning/wet, and membrane type dependency] If the case where it washes after the case where it washes after dry conveyance, and wet conveyance is compared, in order that particles may adhere to a cleaning surface after dry conveyance, it is carried out that to wash after wet conveyance is [ a cleaning effect ] higher. The kind of film on a cleaning surface shows that a difference arises in a cleaning effect. The relation with Cavipen washing concerning these factors and this inventions was also evaluated as follows.

[0105]The experiment which carries out measurement comparison of the alumina particle removing effect by Cavipen washing about the data in which each film of TEOS, poly-Si, and SiN was formed on the concave shape Si-L/S sample was conducted. The main conditions (the nozzle diameter of 0.4 mm, 11 mm of center-to-face dimensions, high-pressure-water 90 kgf/cm<sup>2</sup>, wafer number of rotations of 2000 rpm) of Cavipen washing were set constant. The washing result in the dry state was measured about these three sorts of data, and the washing result in the wet state was also further measured about the sample of SiN. The washing result of Pen washing by a wet state was also measured as a standard for comparison.

[0106]These results are shown in drawing 17. In drawing 17, an "initial value" expresses the particle number after standard particle liquid spreading, "after desiccation" expresses the particle number after dry conveyance, and "after washing" expresses the particle number after washing processing.

[0107]Cavipen washing showed that a dry sample was also removable even to the same grade as Pen washing by the wet state of a standard for comparison in the concave shape wafer in which the TEOS film and the poly-Si film were formed. However, with the concave shape wafer in which the SiN film was formed, a wet sample with easy washing is also thoroughly unremovable even to a standard for comparison. On the other hand, in Pen washing, the alumina particle on an SiN film can hardly remove a wet sample, either.

[0108][PH dependency] Next, in order to clarify the effect of chemical cleaning of using at the time of physical washing, the hydrogen-ion density (pH) dependency of the cleaning effect was examined. In this examination, pH diluted the ammonia solution with ultrapure water, and changed it with it. Cavipen washing was performed on the above-mentioned center conditions, and Pen



washing was also performed as a reference. In the examination, the alumina removing effect when the penetrant remover of different pH (from pH 7 to pH 10) washes using a TEOS concave shape wafer was measured. The cleaning effect of Pen washing by pH 7 was also measured as comparison and contrast. These results are shown in drawing 18.

[0109]When the pH 7 [ same ] compares so that drawing 18 may show, in Pen washing and Cavipen washing, it turns out that particle removal ability has high Cavipen washing. When pH is raised, it turns out that the washing efficiency of alumina of Cavipen washing increases. That is, it turned out that there is pH dependency in particle removal. It thinks for both F-potential difference also changing in connection with it by the F-potential of a film and each particle changing with change of pH, and the reason which shows such pH dependency, serving as change of both repulsive force as a result, and appearing. If repulsive force works to both, it will also decrease that particles' particles which become easy to separate from a film and are once separated from a film carry out the reattachment to a film.

[0110]Since there is pH dependency which there being a membrane type dependency [ as ] which the result shown in above-mentioned drawing 17 shows, and the experimental result shown in this drawing 18 show, particle removal understands that F-potential control is required. In the ammonia solution of a room temperature, most of a TEOS film, an SiN film, etc. can control re-adsorption, even if repulsive force will be considered that it becomes large and removal becomes easy and will further once be removed, if the surface potential between the film for [ adsorbing ] in the inside of a drug solution and adsorption particles is [ etch ] simply large. A surface-active agent (a cation system, an anionic system) may be used as a means to perform F-potential control.

[0111]Masahiro Kashiwagi, Takeshi Hattori, and "clean art of a silicon wafer surface" The data of the pH dependency of the F-potential of the membrane type of Si given in Rear Rise company, p.67, and (1995), SiO<sub>2</sub>, and each SiN is shown in drawing 19. Willbur C. Krusell, John M. de Larlos, Jackle Zhang, "Mechanical brush scrubbing for post-CMP clean", Solid State. The data of the pH dependency of Technology, SiO<sub>2</sub> given in pp. 109-114 (June 1995), and the F-potential of aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub> is shown in drawing 20. If it sees from these data, pH will be fundamentally considered that a silicon oxide film, a silicon nitride film, a silicone film, etc. have negative charge, and an alumina particle has positive charge or less by pH eight bordering on pH eight, and comes to have negative charge or more by pH eight on it or more by seven. the concentration of the alkali of a penetrant remover -- high -- becoming (hydroxyl group concentration goes up) -- the potential of a membrane surface inclines to negative. Therefore, when it is same electric potential between a film and adsorption particles, if potential becomes large respectively, big repulsive force will work and removal will become easy. That is, it can be said that electronegative potential will become large if alkali concentration is high, and particle removal becomes easy.

[0112][Frequency dependence] The above-mentioned various experimental results showed that Cavipen washing could remove the particles in a crevice efficiently. It is thought of with since the cavity is generated effectively that Cavipen washing can remove the particles in a crevice in spite of non-contact washing. So, Cavipen washing measured and estimated what frequency of a cavity has occurred. The frequency in the 1.6-MHz usual MJ washing was also measured for comparison. The conditions of Cavipen washing set to 0.4 mm nozzle diameter D which the capable difference produced in the cleaning effect, set center-to-face dimension L to 11 mm, and the pressure was changed with 30, 60, and 90 kgf/cm<sup>2</sup>, and they measured it. About MJ, applied frequency was 1.6 MHz. The frequency characteristic data of washing in each frequency measured with the sound pressure sensor is shown in drawing 21. Although the high frequency intensity of MJ seems to be larger than that of Cavipen from the result of drawing 21, this is based on the difference of both nozzle diameter, the difference of the noise level of a sound pressure sensor, etc., and it is not shown that the high frequency intensity which Cavipen generates is inferior to it of MJ.

[0113]In MJ, it was detected that a peak exists in 1/4 frequency (400 kHz) of 1.6 MHz so that

the data shown in drawing 21 might show. At Cavipen, in a frequency band of 1 kHz or less, when the high frequency which has a continuous frequency component has occurred and the pressure was made to increase, the intensity of all the frequency increased below 1 MHz.

[0114]In MJ cleaning method, it was said previously that the high frequency band of a particle removing effect is not an MHz band but a 200-700-kHz kHz band. The cavity generated in Cavipen so that the data of drawing 21 may show generates the high frequency of hundreds kHz bands of 1 MHz or less to the Lord who is a high frequency band of a particle removing effect. This is considered that a Cavipen cleaning method is the factor which showed the high particle removing effect.

[0115](A third embodiment) Next with reference to drawing 23, it is attached to the semiconductor substrate washing station concerning a third embodiment of this invention, and explains in detail.

[0116]Drawing 23 is outline sketch drawing of an important section when a semiconductor substrate is laid in the semiconductor substrate washing station concerning a third embodiment of this invention.

[0117]The numerals same about the portion same at drawing 23 as drawing 1 are attached, and explanation is omitted.

[0118]the substrate holder 2 which acted to stainless steel as salt Vicor Tyng in this embodiment unlike a first aforementioned embodiment -- the chamber 1 top \*\* -- a center is penetrated mostly and it is formed so that sliding is [ being airtightly and ] possible. It is connected to the rolling mechanism which is not illustrated by the end of the exterior of the chamber 1, and this substrate holder 2 is pivotable at high speed. The substrate fixed jig 6 formed removable in the semiconductor substrate is connected to the other end inside [ chamber 1 ] the substrate holder 2. The semiconductor substrate 20 turns the surface (device forming face) up, it is fixed to the substrate fixed jig 6 almost horizontally, and the semiconductor substrate 20 is pivotable by rotation of the substrate holder 2.

[0119]On the upper surface of the chamber 1, the rinsing water feed pipe 7 has penetrated, where airtightness is held, and supply of rinsing water (ultrapure water) is enabled on the semiconductor substrate 20 surface.

[0120]On the other hand, it estranges slightly caudad from the rear face of the semiconductor substrate 20, and the tip 4A of the nozzle 4 of the high pressure water jet formed by the tube which consists of a Teflon tube, a thin stainless steel tube, or silicon nitride is laid so that jet of a high pressure water jet is possible. Support fixing of this nozzle 4 is carried out by the nozzle frame 5 in the neighborhood of tip 4A.

[0121]Where airtightness is held near [ the ] the periphery, the chamber 1 bottom is penetrated on the bottom of the chamber 1, and the nozzle support arm 3 of shaft shape is laid in it with the round cross section so that sliding is possible. The rolling mechanism which is not illustrated is connected to the end of the nozzle support arm of the chamber 1 exterior, and it is pivotable in the definite angle range. The above-mentioned nozzle frame 5 is being fixed to the end which the upper part of the nozzle support arm 3 was formed in L shape toward chamber 1 central direction within the chamber 1, and was formed in the L shape.

[0122]By fixing the nozzle frame 5 to the nozzle support arm 3 stably, and rotating the nozzle support arm 3 in the definite angle range by taking such composition, The nozzle frame 5 can be scanned to the whole diametral direction of semiconductor substrate 20 rear face, and it becomes possible to make the whole surface of semiconductor substrate 20 rear face approach with the nozzle tip 4A by rotating the substrate holder 2 further.

[0123]The nozzle 4 formed with the pipe with a flexible Teflon tube etc. serves as the feed pipe of high pressure water, has a length margin which can sufficiently follow in footsteps in rotation of the nozzle support arm 3, and where airtightness is held to the chamber 1 exterior, it is drawn from chamber 1 pars basilaris ossis occipitalis. The end of the chamber 1 exterior is connected to the high-pressure-water feed zone which is not illustrated, and supply of high pressure water is enabled continuously.

[0124]The gas supplying port 10 is formed in the upper surface of the chamber 1, and inactive gas, such as nitrogen, can be supplied. On the other hand, the exhaust port 11 connected to the

exhaust which was laid outside, and which is not illustrated is formed below the placing part of the semiconductor substrate 20 of the chamber 1, and the inactive gas supplied from the above-mentioned gas supplying port 10 can be exhausted.

[0125]Next, how to wash a semiconductor substrate surface using this device is explained.

[0126]The semiconductor substrate 20 is introduced into the above-mentioned device from a load lock chamber, the nozzle tip 4A is approached and a rear face is fixed to the substrate fixed jig 6 (drawing 23).

[0127]The substrate holder 2 and the nozzle support arm 3, respectively Next, 100 rpm, Move in 10 thru/or about 50 mm/sec, and about 10 slm of nitrogen gas are supplied from the gas supplying port 10, A gas stream is made in the chamber 1, and high pressure water is turned to semiconductor substrate 20 rear face, and is made to blow off from the nozzle tip 4A about 5 mm in inside diameter 1 thru/or about 10 sccm by the pressure about 50 thru/or 150 kgf/cm<sup>2</sup> by exhausting from the exhaust port 11. 100 thru/or about 500 sccm of ultrapure water are supplied to the semiconductor substrate 20 surface from the rinsing water feed pipe 7.

[0128]Here by impressing about 1.6-MHz high frequency to high pressure water, According to the place which this invention persons checked, as typically shown in drawing 24, High frequency gets across to the thin water coat 50 formed in semiconductor substrate 20 rear face as a shock wave at the time of jet of high pressure water, It turned out that the high frequency spreads the inside of a semiconductor substrate, a shock is added to the semiconductor substrate 20 surface, and vibrational excitation of the detailed dust which adhered to the semiconductor substrate 20 surface according to the frequency is carried out, it comes floating, and is removed with rinsing water. At this time, most attenuation of the shock wave by spreading the semiconductor substrate 20 was not seen, but it was checked that the relief of the same dust as a first embodiment of above-mentioned this invention occurs. This dust that came floating was washed by the ultrapure water supplied from the rinsing water feed pipe 7, and it was checked that the semiconductor substrate 20 pure surface is obtained by this. Thus, in order that rinsing water may only wash away the dust which only came floating, it is unnecessary, and the low pressure about 0.1 thru/or 1 kgf/cm<sup>2</sup> is enough as it. [ of it being high voltage ]

[0129]As shown in drawing 25, it is checked that the primary high-pressure-water pressure spouted at the semiconductor substrate 20 rear face is proportional to the intensity (penetration secondary intensity) of the shock wave spread on the semiconductor substrate 20 surface, and it was checked that shock wave intensity is controllable by a primary high-pressure-water pressure.

[0130]According to the cleaning method of the semiconductor substrate concerning the above-mentioned embodiment, jet of high pressure water is performed toward the rear face of the semiconductor substrate 20. for this reason -- the field which mist generates is limited only to the rear-face side of the semiconductor substrate 20 -- the surface side of the semiconductor substrate 20 -- mist -- surroundings \*\*\*\* -- there are nothings. For this reason, the dust adhesion resulting from mist does not take place to the surface side of the semiconductor substrate 20.

[0131]According to the cleaning method of the semiconductor substrate concerning the above-mentioned embodiment, low pressure water may be sufficient as the rinsing water for surface washing. Here, although etching using acid and alkali is effective in removal of impurities, such as metal other than dust adhering to a semiconductor substrate surface, in this embodiment, it becomes possible to change into the above-mentioned low-pressure rinsing water, and to use chemicals, such as acid and alkali. namely, the mist by the high pressure water which chemicals did not disperse even in the semiconductor substrate upper part since rinsing water was low pressure, and was injected by the rear face -- the surface side of the semiconductor substrate 20 -- surroundings \*\*\*\*, since there are also nothings, If only the device inner surface below the semiconductor substrate 20 is made into acid resistance and alkali resistance, even if it washes using the solution which changes to rinsing water and contains acid and alkali, there will be neither a possibility of corroding a washing station wall, nor a possibility that the mineral salt

of ammonium chloride etc. may adhere in a washing station. It is also possible to use chemicals as high pressure water according to the necessity for rear-face washing. High-pressure-water mist soared also to the washing station upper part by the Prior art, and had advanced also into the load-locks portion especially by it. The load-locks portion needed to use a gate valve etc., in order to make carrying-in appearance of a semiconductor substrate possible and to maintain airtightness sufficient at the time of \*\*\*\*, and to maintain the airtightness of metal surfaces, and cannot form this portion on the acid-proof and alkali-proof surface. However, according to this above-mentioned embodiment, the portion of which acid resistance and alkali resistance are required is only a field located below a semiconductor substrate, and the above-mentioned load-locks part is excludable. A sliding portion is only a small region and the field located below these semiconductor substrates can fully maintain airtightness with a Teflon seal etc. Therefore, at this embodiment, acid whose detergency is stronger than pure water, alkali, etc. can be used as rinsing water and high pressure water by making the washing station wall below a semiconductor substrate into acid resistance and alkali resistance by Teflon coating etc.

[0132]As the acid used here and alkali, those mixtures, such as chloride, an ammonia solution, hydrogen peroxide solution, ozone water, and electric field ion water, are suitable.

[0133]Next, the primary high-pressure-water pressure dependency of the minimum value of the antenna ratio by which an electrostatic discharge damage is carried out for MOS capacitors when the semiconductor substrate for which MOS capacitors were formed in the surface using the washing station of the semiconductor substrate concerning this embodiment is washed, As compared with it at the time of using the washing station of the conventional semiconductor substrate, it is shown in drawing 26. Here, the area of a capacitor electrode to the area of the capacitor oxide film of MOS capacitors is shown, and, as for an antenna ratio, an antenna ratio is as weak as large (an electrode area is comparatively large) to an electrostatic discharge damage.

[0134]As shown in drawing 26, although the antenna ratio from which a primary high-pressure-water pressure starts an electrostatic discharge damage in a conventional example below at  $60 \text{ kgf/cm}^2$  (when the washing station of the conventional semiconductor substrate is used) is maintaining more than  $1 \times 10^{17}$ , If it is exceeded, it will fall rapidly, and a primary high-pressure-water pressure will fall even to  $1 \times 10^{13}$  in  $100 \text{ kgf/cm}^2$ . On the other hand, when the washing station of the semiconductor substrate concerning this embodiment was used, as for the antenna ratio, the primary high-pressure-water pressure was maintaining more than  $1 \times 10^{17}$  also by  $100 \text{ kgf/cm}^2$ , and it was checked that there is a remarkable difference. As opposed to static electricity generating this in a semiconductor substrate surface in proportion [ almost ] to a high-pressure-water pressure in friction with the surface at a Prior art at the time of injection of high pressure water, It is thought that it is because there are very few possibilities that high pressure water may not touch a semiconductor substrate surface, and static electricity may occur on the surface when the washing station of the semiconductor substrate concerning this embodiment is used. For this reason, according to this embodiment, a risk of destroying a surface semiconductor device is dramatically small, and the semiconductor substrate cleaning method which can guarantee high element reliability can be provided.

[0135]Next, the modification of the washing station of the semiconductor substrate concerning this embodiment is explained using a drawing.

[0136]Drawing 27 is section sketch drawing of the first modification, gives the same numerals to the same portion as above-mentioned drawing 23, and omits explanation.

[0137]In this modification, the substrate holder and rinsing water feed pipe 8 which has the function which aligned the rinsing water feed pipe 7 with the substrate holder 2 shown in drawing 23 is used. The substrate fixed jig 6 with which the semiconductor substrate 20 was formed so that it might be removable is connected at the tip inside [ chamber 1 ] the substrate holder and rinsing water feed pipe 8. to the substrate fixed jig 6, it accomplishes that immobilization of the semiconductor substrate 20 is possible -- as -- a lock-pin -- three -- or about five are made, and the semiconductor substrate 20 turns the surface (device forming face) up, and is being

fixed to the lock-pin almost horizontally. The semiconductor substrate 20 penetrates the chamber 1 upper surface, and is pivotable by rotation of the substrate holder and rinsing water feed pipe 8 formed so that sliding was [ being airtightly and ] possible. By taking such a gestalt, in this modification. It adds to the advantage described with the washing station of the semiconductor substrate concerning the second operation form of above-mentioned this invention, During washing, there is almost no room for rinsing water to always cover the semiconductor substrate 20 surface from a semiconductor substrate 20 surface center section, and for floating dust in the gaseous phase adhere to the semiconductor substrate 20 surface, and a still purer semiconductor substrate can be obtained.

[0138]Drawing 28 is section sketch drawing of the second modification, gives the same numerals to the same portion as above-mentioned drawing 23, and omits explanation.

[0139]this modification -- the exhaust port 11A of the pars-basilaris-ossis-occipitalis peripheral part of the chamber 1 -- in addition, \*\*\*\* of the chamber 1 -- the exhaust port 11B is mostly established in the center section. By exhausting also from this exhaust port 11B, exhaust air becomes possible from the portion directly under a semiconductor substrate which approached mostly about the mist generated in the substrate rear. Thereby, in this modification, in addition to the advantage described with the washing station of the semiconductor substrate concerning a second embodiment of above-mentioned this invention, reflection of the mist from the washing station bottom etc. can stop, the capacity of the chamber 1 lower part can be reduced, and the miniaturization of a device can be attained.

[0140](A fourth embodiment) Next, drawing 29 is used per fourth embodiment of this invention, and it explains in detail. Drawing 29 is outline sketch drawing of an important section when a semiconductor substrate is laid in the semiconductor substrate washing station concerning a fourth embodiment of this invention. By drawing 29, the numerals same about the same portion as drawing 23 are attached, and explanation is omitted.

[0141]According to this embodiment, by using the bottom of the chamber 1 as the bottom, it is formed in chamber 1 inside so that storage of the semiconductor substrate installation scheduled region and the nozzle tip 4A of chamber 1 inside of the cleaning tank 1A may be attained.

[0142]The semiconductor substrate 20 can be attached with the substrate holder 6 in the chamber 1 via the load lock chamber which is not illustrated like a third embodiment. In this embodiment, the slide drive mechanism which is not illustrated to the substrate holder 2 is attached, and a slide drive and rotation are possible for the substrate holder 2 by this. After introducing the semiconductor substrate 20 in the chamber 1 and fixing to the substrate fixed jig 6 by this, it is possible by dropping the substrate holder 2 to the chamber 1 further to store the semiconductor substrate 20 inside cleaning tank 1A.

[0143]The nozzle 4 is stored inside a nozzle support arm, and is drawn by the chamber 1 exterior with a nozzle support arm, and supply of high pressure water of it is enabled from the exterior.

[0144]It is possible to be able to supply rinsing water to the cleaning tank 1A from the rinsing water feed pipe 7, and for this to fill the cleaning tank 1A with rinsing water.

[0145]The sewer valve which is not illustrated is attached to the lower part of the cleaning tank 1A, and the rinsing water inside cleaning tank 1A can be discharged at any time by opening this valve. Discharge of this wastewater to the device exterior is enabled from the exhaust port 11.

[0146]Next, how to wash a semiconductor substrate using this device is explained in detail using drawing 29.

[0147]The semiconductor substrate 20 is introduced via the load lock chamber which is not illustrated to the above-mentioned semiconductor substrate washing station, and it fixes to the substrate fixed jig 6. Then, it is made to stop in the position which the substrate holder 2 is dropped, and the semiconductor substrate 20 approaches the nozzle tip 4A, and is stored by the cleaning tank 1A. Here, the rolling mechanism which is not illustrated so that it may become pivotable in this position is connected to the substrate holder 2 in the chamber 1 exterior.

[0148]Next, after supplying ultrapure water from the rinsing water feed pipe 7 and making the inside of cleaning tank 1A filled with ultrapure water, the valve which the cleaning tank 1A lower part does not illustrate is opened continuing supply of ultrapure water, and the ultrapure water in

the cleaning tank 1A is replaced gradually. It may be made for ultrapure water to overflow from the cleaning tank 1A upper part, without using a valve.

[0149]In this state, high pressure water is turned to semiconductor substrate 20 rear face, it blows off from the nozzle tip 4A, and rotation of the nozzle support arm 3 and the substrate holder 2 is performed simultaneously.

[0150]Thus, in addition to the effect described with the cleaning method of the semiconductor substrate concerning a third embodiment of above-mentioned this invention, by washing a semiconductor substrate, there are the following effects by this embodiment. That is, the one semiconductor substrate 20 is always dipped into ultrapure water, and the surface does not touch it into the gaseous phase. In ultrapure water, mist does not exist but there is [ be / it / under / gaseous phase / comparison ] also very little dust. For this reason, a very pure semiconductor substrate surface without dust adhesion and dust re-adhesion can be acquired by washing in ultrapure water, replacing ultrapure water one by one.

[0151]2) It becomes possible by constituting a cleaning tank 1A wall, the substrate fixed jig 6, the nozzle frame 5, and the nozzle support arm 3 from chemical-resistant high Teflon etc., respectively, or coating with them to use an acid and alkaline penetrant remover as rinsing water. This becomes possible to also remove the metal adhesion thing of a semiconductor substrate surface. It is possible to continue at it and to perform washing by ultrapure water. In this case, if needed, a rinsing water feed pipe may be extended and it may use properly according to the kind of rinsing water.

[0152]The number of particle on the semiconductor substrate which performed washing using a fourth embodiment of above-mentioned this invention after CMP was shown in drawing 30 as compared with the case where the conventional cleaning method and the cleaning method of a first above-mentioned embodiment are performed. According to this embodiment, in order to perform dust removal in a stream, even if there is no room of mist re-adhesion and it compares with the cleaning method of a first above-mentioned embodiment, it turns out that the number of particle is decreasing further.

[0153]Next, it explains about the modification of this embodiment using drawing 31. Drawing 31 (A) is a plan of the nozzle tip 4A used by the above-mentioned embodiment, and the nozzle frame 5. The nozzle tip 4A which is a thin Teflon tube has projected from the center of the almost cylindrical nozzle frame 5.

[0154]Drawing 31 (B) shows the first modification of the nozzle tip 4A and the nozzle frame 5, and two or more nozzle tips 4A have projected it to the nozzle frame 5 of the rectangular parallelepiped form which has the length equivalent to the diameter of the semiconductor substrate washed mostly.

[0155]Drawing 31 (C) shows the second modification of the nozzle tip 4A and the nozzle frame 5, and two or more nozzle tips 4A have projected it uniformly all over almost [ of the nozzle frame 5 ] to the nozzle frame 5 of disc shape with the thickness equivalent to the semiconductor substrate shape which a section washes mostly.

[0156]Since the nozzle tip 4A is formed in these modifications corresponding to the diametral direction of a semiconductor substrate, or almost the whole surface of a semiconductor substrate, if drawing 29 is made to rotate the substrate holder 2 of a statement, the nozzle support arm 3 can wash the whole semiconductor substrate rear-face surface, even if it does not make it rotate. If the nozzle tip 4A is formed densely enough in the second above-mentioned modification, it is possible the substrate holder 2 and to wash the whole semiconductor substrate rear-face surface, even if it does not make it corotate nozzle support arm 3. By using these modifications, the rotating parts of a washing station can be reduced and an equipment configuration can be simplified. Although two or more nozzle tips 4A are required in these modifications, since the nozzle 4 is thin, it is possible to store two or more nozzles to nozzle support arm 3 inside collectively.

[0157](A fifth embodiment) Next, drawing 32 is used per fifth embodiment, and it explains in detail. When wrapping drawing 32 using a CMP (Chemical mechanical polish) device etc., It is stuck on the wrapping jig 30 which consists of the axis 30A and the wrapping board 30B, and the important section sectional view of the washing station which washes the semiconductor

substrate 20 which wrapping ended is shown.

[0158]The semiconductor substrate 20 stuck on the above-mentioned wrapping jig After the end of a lapping process, Before progressing to a next process, it is dipped in the wrapping board cleaning tank 40 filled with the illustrated pure water, and the high pressure water spouted from two or more nozzle tips 4A in the nozzle frame 5 installed in the wrapping board cleaning tank 40 can perform rear-face washing. It is using here the nozzle frame 5 of a rectangular parallelepiped form indicated in the modification of a fourth above-mentioned embodiment thru/or the nozzle frame 5 of thick disc shape as a nozzle frame, it is rotated any of the nozzle frame 5 thru/or the wrapping jig 30 they are -- making (at the time of nozzle frame 5 use of a rectangular parallelepiped form) -- it can fully wash in a short time by what (at the time of nozzle frame 5 use of thick disc shape) is used making both fix.

[0159]The high-pressure-water pressure at this time ( $50 \text{ kgf/cm}^2$ ) and the relation of the number of residual particles after washing (Particle count/wafer) were shown in drawing 33. By using the method of a statement for this embodiment, even if it is the field just behind CMP which became dirty dramatically, as shown in this figure, if it is considered as high-pressure-water pressure  $120 \text{ kgf/cm}^2$ , 20 or less are realizable in the number of residual particles.

[0160]In each of above-mentioned embodiments, although the nozzle 4 explained the example which uses a Teflon tube, a stainless steel tube, and a silicon nitride tube, it can carry out the strange pan of this suitably with the water pressure etc. of the high pressure water which flows in a nozzle. For example, from a high-pressure-water pump to the neighborhood of a nozzle tip may be formed by a stainless steel tube, and only a nozzle tip part may be formed with silicon nitride. By doing in this way, sufficient high pressure water can be borne and it can be considered as very few tubes of contamination fear near the semiconductor substrate. It also becomes possible to replace with high pressure water and to use high voltage medicine by forming a chromium oxide film etc. in a stainless steel tube inner wall. It is good only also considering a tip part as silicon nitride using a Teflon tube. By doing in this way, the existing chemical-resistant tube can be obtained easily. It is a range which may be able to use it also by the tube made from VCM/PVC depending on the pressure of high pressure water, and does not deviate from the meaning of this invention, and various change is possible.

[0161]

[Effect of the Invention]As stated above, according to this invention, a substrate cleaning device without dust re-adhesion can be provided. Medicine, such as acid and alkali, can be used if needed using the device. According to this invention, a semiconductor substrate cleaning method without dust re-adhesion can be provided. It is possible to generate the high frequency of a frequency band effective in particle removal, without using two or more frequency sources of release, And the high noncontact type semiconductor substrate cleaning method of the particle removing effect could be provided about both the flat part and the crevice, and it presupposed that it is possible by two-step washing which combined with R/S the washing-after CMP module which needed three-step washing conventionally, and made it possible to acquire the cleaning effect of high particles also in the wafer which has a crevice.

---

[Translation done.]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-188273

(P2000-188273A)

(43) 公開日 平成12年7月4日(2000.7.4)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 L 21/304

B 0 8 B 3/02

識別記号

6 4 3

F I

H 0 1 L 21/304

B 0 8 B 3/02

テーマコード\*(参考)

6 4 3 Z

6 4 3 D

A

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願平11-246176

(22) 出願日 平成11年8月31日(1999.8.31)

(31) 優先権主張番号 特願平10-288579

(32) 優先日 平成10年10月12日(1998.10.12)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 富田 寛

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 佐藤 基之

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 灘原 壮一

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

(74) 代理人 100058479

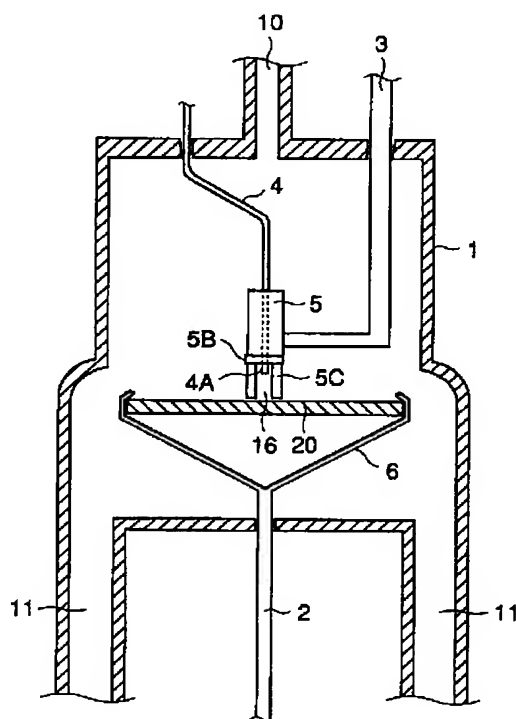
弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

(54) 【発明の名称】 半導体基板の洗浄装置及び洗浄方法

(57) 【要約】

【課題】半導体基板の洗浄時に洗浄槽のミスト付着が少なく、かつ残留研磨粒子除去効果の高い、清浄な表面の得られる洗浄装置と洗浄方法を提供する。

【解決手段】半導体基板洗浄中に高圧水噴出によって発生するミストが基板20に再付着しないよう、発生領域に覆い5Cを付けて飛散を防止し、かつ静止水に高圧水を接触させることによってキャビティを発生させ、そのキャビティによって発生する高周波を用いて残留研磨粒子を除去する。また、半導体基板面への高圧水噴出を超純水等の液相中で行い、最初からミストの発生が無いようにする。





## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基板洗浄装置の基板ホルダー部に半導体基板を載置する工程と、前記半導体基板を回転させる工程と、前記回転している半導体基板の被洗浄面に向けて高圧洗浄液を噴出しつつ、高周波を印加する工程と、を含むことを特徴とする半導体基板の洗浄方法。

【請求項 2】 前記印加される高周波は、少なくとも 400 kHz の高周波を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体基板の洗浄方法。

【請求項 3】 前記印加される高周波は、800 kHz 以下の周波数帯における連続する周波数成分を有することを特徴とする、請求項 1 に記載の半導体基板の洗浄方法。

【請求項 4】 前記印加される高周波は、前記被洗浄面上に形成された洗浄液溜り中に、前記高圧洗浄液を接触させることにより生成されることを特徴とする、請求項 1 から請求項 3 のいずれか一つに記載の半導体基板の洗浄方法。

【請求項 5】 前記高圧洗浄液は、前記半導体基板上に移動可能に設けられた洗浄液ノズルから前記被洗浄面に向けて噴出されることを特徴とする、請求項 1 から請求項 4 のいずれか一つに記載の半導体基板の洗浄方法。

【請求項 6】 前記洗浄液ノズルの内径は 0.3 mm 以上であることを特徴とする、請求項 5 に記載の記載の半導体基板の洗浄方法。

【請求項 7】 前記被洗浄面から前記洗浄液ノズル先端までの間隔は、7 mm 以上であることを特徴とする、請求項 5 に記載の記載の半導体基板の洗浄方法。

【請求項 8】 前記洗浄液溜りは、前記洗浄液ノズルを囲むように設けられた中空部を有するペンシルスポンジの該中空部に噴出された高圧洗浄液の一部が留まることにより形成されることを特徴とする、請求項 4 から請求項 7 のいずれか一つに記載の半導体基板の洗浄方法。

【請求項 9】 前記半導体基板を回転させる工程において、前記基板を 10 rpm の回転速度で回転させることを特徴とする、請求項 1 から請求項 8 のいずれか一つに記載の半導体基板の洗浄方法。

【請求項 10】 前記高圧洗浄液に印加される圧力は 30 kgf/cm<sup>2</sup> 以上であることを特徴とする、請求項 1 から請求項 9 のいずれか一つに記載の半導体基板の洗浄方法。

【請求項 11】 前記高圧洗浄液中において前記被洗浄面の電位と該被洗浄面に付着する粒子のゼータ電位が同種の電位となるように、前記高圧洗浄液の pH が選択されることを特徴とする、請求項 1 から請求項 10 のいずれか一つに記載の半導体基板の洗浄方法。

【請求項 12】 半導体基板を載置する前記工程において、前記半導体基板はウェット状態で基板ホルダー部に載置され、かつ、該被洗浄面に付着した粒子を除去する前記工程において、前記被洗浄面がウェット状態に保た

れるように、該被洗浄面上にリンス液が供給されることを特徴とする、請求項 1 から請求項 11 のいずれか一つに記載の半導体基板の洗浄方法。

【請求項 13】 基板を固定すべき基板ホルダーと、前記基板ホルダーに基板が固定されたときにその基板の一表面と対向した噴出口を有する高圧水噴出機構と、前記基板ホルダー及び前記高圧水噴出機構を内蔵したチャンバーと、前記チャンバーに接続されたガス供給口と、前記チャンバーに接続された排気口とを有する基板洗浄装置であって、前記基板の他表面にリンス水を供給するリンス水供給管をさらに有することを特徴とする基板洗浄装置。

【請求項 14】 基板を固定すべき基板ホルダーと、前記基板ホルダーに基板が固定されたときにその基板の一表面と対向した噴出口を有する高圧水噴出機構と、前記基板ホルダー及び前記高圧水噴出機構を内蔵したチャンバーと、前記チャンバーに接続されたガス供給口と、前記チャンバーに接続された排気口とを有する基板洗浄装置であって、前記チャンバー内に液体を収納保持可能な洗浄槽が内蔵されており、その洗浄槽に前記高圧水噴出機構と前記基板ホルダーとが収納可能であることを特徴とする基板洗浄装置。

【請求項 15】 前記高圧水噴出機構は、それより噴出される高圧水にほぼその噴出方向に 300 KHz ないし 3 MHz の高周波を印加可能な高周波発振器が内蔵されたものであることを特徴とする請求項 13 乃至請求項 14 に記載の基板洗浄装置。

【請求項 16】 基板洗浄装置の基板ホルダー部に半導体基板を載置する工程、前記基板ホルダーを前記基板洗浄装置内の洗浄槽に収納する工程、前記基板洗浄槽に洗浄液を充填し前記半導体基板を洗浄液中に浸させる工程、前記洗浄槽中で前記半導体基板の一面に高圧水を噴出する工程、を含むことを特徴とする半導体基板の洗浄方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は基板の洗浄装置及び半導体基板の洗浄方法に関するものであり、特に微小のパーティクルを十分に除去することの可能な、枚葉式の半導体基板の洗浄装置及びその洗浄方法、特に、洗浄対象物の平面部と窪み部を同時に洗浄する、従来の接触洗浄（Pen）と非接触洗浄（CJ）とを組み合わせた新しい洗浄方法（キャビジェット複合ペン洗浄方法：以下「Cavipen 洗浄方法」）に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】半導体装置の加工寸法がサブミクロン単位の微細なものになるに従い、半導体装置の製造に用いる半導体基板の表面に附着したパーティクルは極微小なものでも不良の原因となり、徹底した除去を可能とする工程管理が求められている。また、同様に表面に附着し

た金属等の不純物は極微量のものでも電気特性不良の原因となり、同様に徹底した除去が求められている。

【0003】このため、近年表面パーティクルを効果的に除去する方法としてメガヘルツ帯の超音波を印加した高圧純水で洗浄することで非常に清浄度の高い表面を得る方法が開発され、このような方法を用いた装置開発も進んでいる。

【0004】このような方法を用いた装置としては枚葉式の洗浄装置が知られている。ところが、これらの枚葉洗浄装置に備えられている各種洗浄ノズル（例えばウォータージェットノズル、キャビテーションジェットノズル、メガソニック付きウォータージェットノズルなど）を用いた洗浄においては、1）高圧水が半導体基板表面に噴射・照射されたとき、2）高周波（メガソニック）を印加したときに、水蒸気のみストが気相中に舞い上がる問題がある。このみストは半導体基板の洗浄後のスピン乾燥工程において逆吸着し、基板上にウォーターマークとして残存したり、さらには気相中のゴミに付着してそれが基板上にパーティクルとして逆吸着することがある。尚、ここで述べている高圧水とは、メガソニック付きウォータージェットノズルの場合は数  $\text{Kg f/cm}^2$  程度、ウォータージェットノズル、キャビテーションジェットノズルの場合は数  $10 \text{ Kg f/cm}^2$  ないし数  $100 \text{ Kg f/cm}^2$  程度の圧力を有するものである。

【0005】そこで、このようなみストの発生を防止する対策として、半導体基板外周部に排気口を設けて強制排気する方式の半導体基板洗浄装置が知られている。

【0006】以下に図34を用いて、従来の半導体基板洗浄装置の概要を説明する。

【0007】図34は、従来の枚葉式の半導体基板洗浄装置に半導体基板を載置したときの要部の概略見取図である。図中、1は上下面が密閉され、ほぼ円筒状に形成された半導体基板洗浄装置のチャンバーであり、その底部はほぼ中央を貫通して、軸状の基板ホルダー2がチャンバー1底面と気密に、かつ、回転摺動可能に載置されている。その基板ホルダー2は、チャンバー1外部の一端で図示しない回転機構に接続されており、高速で回転可能となっている。また、その基板ホルダー2のチャンバー1内部の他端には、基板固定治具6が接続されている。その基板固定治具6には半導体基板20がほぼ水平に固定され、その半導体基板20は基板ホルダー2の回転によって回転可能になっている。また、半導体基板20表面上部にわずかに離間して、高圧水ジェットのノズル4の先端4Aが、高圧水ジェットの噴出可能に載置されている。このノズル4は先端4A近くをノズルフレーム5によって支持固定されている。

【0008】一方、軸状のノズル支持アーム3が、チャンバー1の上面周辺部近くで気密を保持した状態でチャンバー上面を貫通して摺動可能に載置されており、その上端にはチャンバー1外部で図示しない回転機構が接続

され、一定角度範囲で回転摺動可能となっている。また、ノズル支持アーム3の下部はチャンバー1内でチャンバー中心部方向に向かってL字状に形成され、そのL字状に形成された端部に上記のノズルフレーム5が固定されている。

【0009】このような構成を取る事により、ノズル支持アーム3を一定角度回転することにより、ノズルフレーム5を半導体基板20の直径方向全体に走査することができ、さらに基板ホルダー2を回転させることで半導体基板20の全面をノズル先端4Aと近接させることが可能となる。

【0010】また、ノズル4は高圧水の供給管を兼ねており、細いステンレスチューブないしテフロンチューブ等の柔軟な管で形成され、ノズル支持アーム3の回転に十分追従可能な長さの余裕を持って、チャンバー1の上部からチャンバー1外部に気密を保持した状態で導出されている。そのチャンバー1外部の一端は図示しない高圧水供給部に接続され、高圧水が連続して供給可能とされている。

【0011】また、チャンバー1の上面ほぼ中央にはガス供給口10が形成されており、窒素等の不活性ガスを供給することができる。一方、チャンバー1の半導体基板20の載置部より下部に、外部の図示しない排気装置に接続された排気口11が形成されており、上記のガス供給口10から供給された不活性ガスを排気することができる。このような構成を取り、半導体基板20表面に高圧水を噴出して洗浄する際に不活性ガスを流すことにより、不活性ガスとともに高圧水から発生するみストを排気口11に効率的に導くことができ、また、高圧水も効果的に排水することができる。

【0012】次にこの装置を用いて半導体基板表面を洗浄する方法について説明する。

【0013】上記した装置に、ノズル先端4Aに近接して半導体基板20を載置する（図34）。

【0014】次に、基板ホルダー2、ノズル支持アーム3をそれぞれ所望の角度で回転し、ガス供給口10から窒素ガスを供給し、排気口11から、排気することによりチャンバー1内にガス流を作り、高圧水をノズル先端4Aから噴出させることにより半導体基板20表面を洗浄する。

【0015】ここで、高圧水に例えば1.6MHz程度の高周波を印加しておくことにより、高圧水の噴出時に高周波が半導体基板20表面に伝播し、その周波数に応じて半導体基板20表面に附着した微細なダストが振動励起されて浮き上がり、高圧水によって除去される。これにより、清浄な半導体基板20表面がえられる。このときにチャンバー1内には多量のみストが発生するが、チャンバー1内には上記のガス流が形成されているため、発生したみストはガス流とともに排気口11に排出される。

10

20

30

40

50

【0016】この後、高圧水の供給を止め、基板ホルダー2の回転のみを行うことによりスピンドライにより半導体基板20を乾燥させることができる。

【0017】つぎに、従来の洗浄方法について述べる。64MDRAM以降、デバイスプロセスに平坦化プロセスのために多用されるようになったChemical Mechanical Polishing (CMP) 装置によって行われる洗浄方法は、Dry in/outのコンセプト(半導体基板をドライ状態でCMP装置内に搬入し、平坦化工程・洗浄工程終了後、ドライ状態でCMP装置から搬出する)にもとづいて平坦化(研磨)工程と洗浄工程とから構成されている。

【0018】CMPの主目的であるウェハの平坦化工程では、スラリと呼ばれる研磨粒子と化学薬品が用いられており、研磨粒子はアルミナ( $Al_2O_3$ )、シリカ( $SiO_2$ )、セリア( $CeO_2$ )などが使われている。CMPの対象となる膜としては、酸化膜、ポリシリコン膜、タングステン(W)、アルミニウム(Al)、銅(Cu)などがある。洗浄工程はその平坦化工程で用いた研磨粒子を除去することが主目的である。

【0019】本件発明者はCMP後のウェハー表面に残留した研磨粒子を効果的に除去するCMPポストクリーニングの方法も検討した。なお、本明細書で述べるCMPポストクリーニングとは、平坦化工程が終了し、濡れたままのウェハーをスピンドライ乾燥させるまでに行う洗浄のことを指しており、具体的にはロールスポンジ洗浄(R/S)やペンシルスポンジ洗浄(Pen)、超音波洗浄(MJ)、キャビテーション・ジェット洗浄(Cavitation jet: CJ)などがある。現在のCMPポストクリーニング方法としては、R/S洗浄とPen洗浄を連続して行う二段洗浄や、R/S洗浄、Pen洗浄、MJ洗浄を連続して行う三段洗浄が主流となっている。

#### 【0020】

【発明が解決しようとする課題】まずはじめに、上述の従来の半導体基板洗浄装置の問題点を述べる。即ち、

(1) ノズル先端4Aから噴出した高圧水は半導体基板20表面で多量の水霧を発生し、その大半は排気口11より排出されるが、チャンバー1内に浮遊するものも多く、それらの浮遊水霧が再度半導体基板20表面に附着する。それらの水霧には気相中のダストが吸着して含まれている場合があり、附着後に水霧の水分が蒸発すると、半導体基板20表面にダストが残留して固着してしまい、除去が困難になる。また、ダストが含まれていない水霧が半導体基板20表面に吸着し、水分が蒸発した場合でも、いわゆるウォーターマークとして水霧の痕跡が残留する場合がある。

【0021】(2) 上記のように水霧の一部がチャンバー内に浮遊しているため、それがチャンバー内壁に附着することが多い。この内壁は通常塩ビ等の樹脂製であるが、半導体基板の洗浄に酸、アルカリを含有する洗浄

液を用いると、チャンバー内壁で酸(例えば塩酸)とアルカリ(例えばアンモニア水溶液)が反応して塩化アンモニウムなどの塩が形成され、壁面に附着してパーティクル源となる恐れがある。これらの洗浄液は純水よりも強力な洗浄力を有するが、上記の問題のためこれらは使用できない。

【0022】上記の問題を解決する方法として、例えば：

a) 半導体基板20の外周端部にガードリング型のカップを載置して、特に水霧発生の多い半導体基板外周端部からの発生水霧が舞い上がらないようにする方法。

b) 半導体基板上にその半導体基板とほぼ同形状の円盤を用意し、その円盤の中心から薬液を入れ、円盤とウェハー間を薬液で満たして洗浄することで、水霧発生を抑える方法、などが提案されている。しかしながら、上記のa)では、ウェハーの周辺からの水霧は防止できるが、ウェハー上で発生する水霧に対しては全く効果が無い。また、b)では水霧の発生自体を抑制できるが、超音波を印加するという、ウォータージェットとしての本来の効果が得られないなどの問題がある。

【0023】つぎに、従来の洗浄方法についての問題について述べる。図35は、CMPの平坦化工程後に、研磨されたウェハー表面に研磨粒子が残留する様子を示す。図35(A)はデッシング、図35(B)はスクラッチ、図35(C)は合わせマーカの断面であり、61は残留する研磨粒子、62はウェハー表面上に形成された膜のうち凹部に残存する部分、63はウェハーである。研磨されたウェハー表面にはパターンの形状、CMP条件によっては上記のデッシングやスクラッチなどの窪みが生じ、そこに研磨粒子が陥没する。また、これら以外の顕著な窪みの例として、W-CMPではPフォトリソグラフィ工程に用いる合わせマーク(図35

(C))の窪みに研磨粒子が詰まるなどの問題があり、これらの残留粒子を除去する必要がある。

【0024】これら残留粒子を除去する方法には、物理的な力で粒子を除去するものと、化学的な力で粒子を除去するものがあり、物理的な力で粒子を除去する方法には、接触によるものと非接触によるものがある。

【0025】物理的な力で粒子を除去する方法の中でも、接触洗浄(例えば、R/S+Penの二段洗浄)では窪みの中に陥没した研磨粒子に直接接触できないため、上記のようなデッシング、スクラッチ、合わせマークの内部に残留する研磨粒子を除去することが非常に困難である。

【0026】また、MJやCJなどの非接触型の物理洗浄を行うことによって粒子を除去する検討がなされているが、MJ洗浄においては超音波の周波数、出力等のハード条件と粒子除去率の関係が、洗浄に用いる超純水の溶存ガス濃度で変化するなどの問題があり、MJ洗浄を使いこなしていない。一方、CJ洗浄では、高圧水の吹

き出しおよびウエハーへの垂直照射によって洗浄薬液ミストが発生し、乾燥時にウォーターマークの逆汚染を引き起こす等の問題がある。

【0027】また、一般的にMJやCJなどの非接触型の物理洗浄評価には窪みの無い平面のウエハー上に吸着した粒子を用いた洗浄能力評価が主であり、規格化された窪み（凹部）中に存在する粒子の除去と言う意味では殆ど検討がなされていない。

【0028】本発明は、従来の接触洗浄（Pen）と非接触洗浄（CJ）の両方の利点を有する、新しい洗浄方法（キャビジェット複合ペン洗浄方法、以下「Cavipen洗浄方法」）を開発して、平面部と窪み部を同時に洗浄できるCMPポストクリーニング方法を提供する。

【0029】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため、本発明に係る半導体基板の洗浄方法は、半導体基板洗浄装置の基板ホルダー部に半導体基板を載置する工程と、前記半導体基板を回転させる工程と、前記回転している半導体基板の被洗浄面に向けて高圧洗浄液を噴出しつつ、高周波を印加する工程と、を含むことを特徴とする。

【0030】上記方法において、前記印加される高周波は、少なくとも400kHzの高周波を含むことが望ましく、また、800kHz以下の周波数帯において連続する周波数成分を有することも望ましい。このように構成することにより、付着する粒子径が多様な場合にもこれら粒子を有効に排除することが可能となる。

【0031】また、上記方法において、前記高圧洗浄液は、前記半導体基板上に移動可能に設けられた洗浄液ノズルから前記被洗浄面に向けて噴出され、かつ前記洗浄液ノズルの内径は0.3mm以上とし、前記被洗浄面から前記洗浄液ノズル先端までの間隔（高圧水吹き出し位置）は、7mm以上とすることが望ましい。また、基板回転数は10rpm以上の回転速度、好ましくは100rpm以上の回転速度とすることが望ましい。さらに、前記高圧洗浄液に印加される圧力は30kgf/cm<sup>2</sup>以上とすることが望ましい。このように構成することにより、高周波を発生するためのキャビティが効率的に形成され洗浄効果を高めることができる。

【0032】また、前記連続する周波数成分を有する高周波は、開口端と該開口端に接続する中空部を有するペンシルスポンジと、該中空部にノズル先端が突出するように設けられた洗浄ノズルとからなる、一つの高周波発生装置によって発生されても良い。このようにすることにより、複数の高周波発生装置を設けなくとも、多様な周波数成分を有する高周波を同時に被洗浄面に印加することが可能となる。

【0033】また、前記洗浄方法において、前記被洗浄面の電位と該被洗浄面に付着する粒子のゼータ電位（固

体と液体の界面を横切るように存在する電氣的ポテンシャル：界面動電位）が同種の電位となるように、洗浄液のpHを選択することが望ましい。また、洗浄液のpHを選択するだけでなく、界面活性剤（カチオン系、アニオン系）を用いてこれらのゼータ電位を制御しても良い。このように構成することにより、前記被洗浄面と該被洗浄面に付着する粒子のゼータ電位差による斥力によって、粒子を被洗浄面から離間させ、あるいは再付着することを防止でき、その結果、洗浄効果を高めることが可能となる。

【0034】また、上記の課題を解決するため、本発明に係る基板洗浄装置では、基板を固定すべき基板ホルダーと、前記基板ホルダーに基板が固定されたときにその基板の一表面と対向した噴出口を有する高圧水噴出機構と、前記基板ホルダー及び前記高圧水噴出機構を内蔵したチャンバーと、前記チャンバーに接続されたガス供給口と、前記チャンバーに接続された排気口とを有する基板洗浄装置であって、前記高圧水噴出機構が高圧水噴出部と高圧水飛散防止部とからなる事の特徴とする。

【0035】ここで、前記ガス供給口は、排水口を兼ねていることが望ましい。

【0036】また、前記高圧水噴出部が高圧水供給ノズル先端であり、前記高圧水飛散防止部が前記高圧水供給ノズル周囲に設けられた覆いであることが望ましい。

【0037】また、前記覆いが前記高圧水供給ノズル先端に接して形成され、前記高圧水供給ノズル先端下部に空洞を有する中空円筒型のスポンジであることが望ましい。

【0038】また、本発明に係る基板洗浄装置では、基板を固定すべき基板ホルダーと、前記基板ホルダーに基板が固定されたときにその基板の一表面と対向した噴出口を有する高圧水噴出機構と、前記基板ホルダー及び前記高圧水噴出機構を内蔵したチャンバーと、前記チャンバーに接続されたガス供給口と、前記チャンバーに接続された排気口とを有する基板洗浄装置であって、前記基板の他表面にリンス水を供給するリンス水供給管を更に有することを特徴とする。

【0039】また、本発明に係る基板洗浄装置では、基板を固定すべき基板ホルダーと、前記基板ホルダーに基板が固定されたときにその基板の一表面と対向した噴出口を有する高圧水噴出機構と、前記基板ホルダー及び前記高圧水噴出機構を内蔵したチャンバーと、前記チャンバーに接続されたガス供給口と、前記チャンバーに接続された排気口とを有する基板洗浄装置であって、前記チャンバー内に液体を収納保持可能な洗浄槽が内蔵されており、その洗浄槽に前記高圧水噴出機構と前記基板ホルダーとが収納可能であることを特徴とする。

【0040】また、前記の各基板洗浄装置で、前記高圧水噴出機構は、それより噴出される高圧水にほぼその噴出方向に300kHzないし3MHzの高周波を印加可

能な高周波発振器が内蔵されたものであることが望ましい。

【0041】また、本発明に係る半導体基板の洗浄方法では、基板洗浄装置の基板ホルダー部に半導体基板を載置する工程、前記基板ホルダーを前記基板洗浄装置内の洗浄槽に収納する工程、前記基板洗浄槽に洗浄液を充填し前記半導体基板を洗浄液中に浸させる工程、前記洗浄槽中で前記半導体基板の一面に高圧水を噴出する工程、を含むことを特徴とする。

【0042】

【発明の実施の形態】以下に図面を用いて本発明の実施の形態（以下実施形態と略記する）について詳細に説明する。

【0043】（第一の実施形態）以下に図1を参照して、本発明の第一の実施形態にかかる半導体基板洗浄装置を詳細に説明する。

【0044】図1は、本発明の第一の実施形態に係る枚葉式の半導体基板洗浄装置に半導体基板を載置したときの要部の概略見取図である。図中、1は上下面が密閉され、ほぼ円筒状に形成された塩ビ製の半導体基板洗浄装置のチャンバーであり、その底部ほぼ中央を貫通して、軸状の塩ビ製の基板ホルダー2がチャンバー1底面と気密に、かつ、回転摺動可能に載置されている。その基板ホルダー2は、チャンバー1外部の一端で図示しない回転機構に接続されており、高速で回転可能となっている。また、その基板ホルダー2のチャンバー1内部の他端には、基板ホルダー2下部からの操作により半導体基板を着脱可能に形成された基板固定治具6が接続されている。その基板固定治具6には半導体基板20が表面（デバイス形成面）を上にしてほぼ水平に固定され、その半導体基板20は基板ホルダー2の回転によって回転可能になっている。

【0045】この半導体基板20は、チャンバー1側面に接続された図示しないロードロックチャンバーから搬入することにより、チャンバー1内の雰囲気気を破らずに搬入搬出可能であり、また、搬出可能である。

【0046】また、半導体基板20表面から上部にわずかに離間して、細いステンレスチューブ、テフロンチューブないし窒化珪素からなるチューブで形成された高圧水ジェットのノズル4の先端4Aが、高圧水ジェットの噴出可能に載置されている。このノズル4は先端4A近くを塩ビ製のノズルフレーム5によって支持固定されている。更に、このノズルフレーム5の下部側周には、下部中央部から突き出したノズル4を覆うようにテフロン製で円錐状の傘型覆い5Aが取り付けられており、ノズル4から噴出した高圧水により発生するミストの飛散を防止できるようになっている。

【0047】一方、塩ビコーティングされた軸状のノズル支持アーム3が、チャンバー1の上面周辺部近くで気密を保持した状態でチャンバー上面を貫通して摺動可能

に載置されており、その上端にはチャンバー1外部で図示しない回転機構が接続され、一定角度範囲で回転摺動可能となっている。また、ノズル支持アーム3の下部はチャンバー1内でチャンバー中心部方向に向かってL字状に形成され、そのL字状に形成された端部に上記のノズルフレーム5が固定されている。

【0048】このような構成を取る事により、ノズルフレーム5はノズル支持アーム3に安定的に固定され、また、ノズル支持アーム3を一定角度回転することにより、ノズルフレーム5を半導体基板20の直径方向全体に走査することができ、さらに基板ホルダー2を回転させることで半導体基板20の全面をノズル先端4Aと近接させることが可能となる。

【0049】また、細いステンレスチューブ、テフロンチューブまたは窒化珪素からなるチューブ等の管で形成されたノズル4は高圧水の供給管を兼ねており、ノズル支持アーム3の回転に十分追従可能な長さ的余裕を持って、チャンバー1上部からチャンバー1外部に気密を保持した状態で導出されている。そのチャンバー1外部の一端は図示しない高圧水供給部に接続され、高圧水が連続して供給可能とされている。

【0050】また、チャンバー1の上面ほぼ中央にはガス供給口10が形成されており、窒素等の不活性ガスを供給することができる。一方、チャンバー1の半導体基板20の載置部より下部に、外部に載置された図示しない排気装置に接続された排気口11が形成されており、上記のガス供給口10から供給された不活性ガスを排気することができる。このような構成を取り、半導体基板20表面に高圧水を噴出して洗浄する際に不活性ガスを流すことにより、不活性ガスとともに高圧水から発生するミストを排気口11に効率的に導くことができ、また、高圧水も効果的に排水することができる。

【0051】次にこの装置を用いて半導体基板表面を洗浄する方法について説明する。上記した装置のノズル先端4Aに近接した位置に、図示しないロードロックチャンバーから半導体基板20を導入して載置する（図1）。次に、基板ホルダー2を例えば100ないし1000rpmの回転数で、またノズル支持アーム3を10ないし50mm/sec程度の摺動速度で動かし、ガス供給口10から窒素ガスを10slm程度供給し、排気口11から、排気することによりガス流を作り、さらに高圧水をノズル先端4Aから例えば1ないし10sccm程度噴出させることにより半導体基板20表面を洗浄する。

【0052】ここで、高圧水に1.6MHz程度の高周波を印加しておくことにより、高圧水の噴出時に高周波が半導体基板20表面に伝播し、その周波数に応じて半導体基板20表面に附着した微細なダストが振動励起されて浮き上がり、高圧水によって除去される。これにより、清浄な半導体基板20表面がえられる。

10

20

30

40

50

【0053】ところで、この高圧水噴出時にノズル先端 4 A から高圧水がジェット水流となって噴出し、半導体基板 20 に照射されて反射され、大量の水蒸気ミストが発生する。

【0054】本実施形態では、この水蒸気ミストは傘型覆い 5 A 内側のテフロン疎水性表面にぶつかり、エネルギーを失ってそのまま水滴を形成し、半導体基板 20 表面に落ちる。従って、水蒸気ミストの状態で半導体基板 20 表面に附着することがない。

【0055】図 2 に、傘型覆い 5 A 近傍の拡大見取図を示す。ここで、A は傘型覆い 5 A の下端部から半導体基板 20 表面までの距離、B は傘型覆い 5 A 下端部の開口長、C はノズル先端 4 A から半導体基板 20 表面までの距離をそれぞれ示している。

【0056】図 3 に傘型覆い 5 A の下端から半導体基板 20 表面までの距離 A をノズル高さとし、そのノズル高さを 5 mm 及び 1 mm とした場合の、半導体基板洗浄時の高圧水の圧力（一次高圧水圧力）を横軸にとり、洗浄、乾燥後の 8 インチ半導体基板上の附着ダスト数（ウェハー当たりパーティクル数）を縦軸にとったときの関係を示す。ここで、傘型覆い 5 A 下端部の開口長 B は 100 mm、また、ノズル先端 4 A から半導体基板 20 表面までの距離 C は 10 mm とした。

【0057】図 3 より、ノズル高さを 1 mm に設定した場合には、 $100 \text{ kgf/cm}^2$  程度の高圧水であってもウェハー当たりパーティクル数（ミストの逆吸着による）は 5 個程度以下と低く抑えられるが、ノズル高さを 5 mm とした場合は  $50 \text{ kgf/cm}^2$  程度の高圧水でもウェハー当たりパーティクル数は 10 個程度とノズル高さを 1 mm に設定した場合と比較して多くなることが判った。

【0058】次に、図 4 に傘型覆い 5 A 下端部の開口長 B（ノズル幅 B）を 20 mm から 100 mm まで変化させ、半導体基板 20 に照射する高圧水の圧力を  $50 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $100 \text{ kgf/cm}^2$  としたときの洗浄・乾燥後のウェハー当たりパーティクル数の関係を示した。尚、ここで、ノズル高さ A は 1 mm である。この図から明らかなように、高圧水の圧力によって違いはあるが、ノズル幅 80 mm 以上であればウェハー当たりパーティクル数は安定して少ないものの、ノズル幅 40 mm 以下になるとウェハー当たりパーティクル数は非常に多くなることが判った。

【0059】次に本実施形態に係る半導体基板洗浄装置の変形例につき図面を用いて説明する。

【0060】図 5 は本実施形態の変形例の断面概略見取図である。ここで、上述の第一の実施形態と同一部分には同一符号を付し説明を省略する。

【0061】本変形例では、上述の第一の実施形態の傘型覆い 5 A に変えて、テフロン製のスポンジ固定治具 5 B がノズルフレーム下端に取り付けられている。そし

て、スポンジ固定治具 5 B 内部にはノズル先端 4 A の周辺を取り囲むようにドーナツ状に形成されたテフロン製、またはポリビニル系樹脂製のペンシルスポンジ 5 C がその底面が半導体基板 20 表面に接するように固定されている。

【0062】上記の変形例による装置を用いて基板洗浄を行えば、ペンシルスポンジ 5 C を半導体基板 20 表面に接触させながら洗浄することにより、スポンジ固定治具 5 B の外部にミストが飛散することは更に少ない。

【0063】また、ペンシルスポンジ 5 C を半導体基板 20 表面に接触させているため、スポンジ固定治具 5 B と半導体基板 20 との間隔はペンシルスポンジ 5 C が半導体基板 20 表面に接触する位置からスポンジ固定治具 5 B が半導体基板 20 に接触する直前まで許容され、許容範囲が広い。

【0064】ここでペンシルスポンジ 5 C は、図 22 に示したノズル先端部の要部の断面図のように円筒型に形成してもよい。尚、ここで図 5 と同一の部分については同一の符号を付し説明を省略する。このような形態を取る事により、ペンシルスポンジ 5 C が半導体基板 20 表面と密接ないし、接触する面積が増加し、ペンシルスポンジ 5 C 先端と半導体基板 20 表面との間に多少の空隙が生じても、スポンジ固定治具 5 B の外部にミストが飛散することは更に少ない。

【0065】このような形状とすることで、スポンジ固定治具 5 B の外部にミストが飛散する可能性を更に少なくすることができる。

【0066】また、ペンシルスポンジ 5 C の材質はポリビニル系樹脂に限ることはない。

【0067】（第二の実施形態）つぎに、本発明の第二の実施形態に係る、例えば上記ペンシルスポンジ 5 C を用いた洗浄方法について詳細に説明する。

【0068】本発明に係る Cavipen 洗浄方法を、従来の Pen による洗浄方法、CJ による洗浄方法、MJ による洗浄方法とを比較する実験、および Cavipen 洗浄方法に影響を与える各種パラメータをしらべる実験を以下の要領で行った。

【0069】1) 実験装置

洗浄実験装置として、R/S モジュールが 2 台、Pen (Cavipen 共用)、MJ、CJ の各モジュールを各 1 台ずつもちいた。各モジュールは、基本的に図 34 に示すような基板洗浄装置と同様の構造であり、洗浄方法の種類に応じてノズルの構造が異なる。

【0070】これらモジュールに用いた、Pen、CJ、Cavipen、MJ の各ノズルの概略断面図をそれぞれ図 6 (A) 乃至 (D) に示す。図 6 において、12 はノズル治具、13 は柱状 PVA 製ペンシルスポンジ、14 は低圧水ノズル、15 は高圧水ノズル、5 C は中空部を有する PVA 製ペンシルスポンジ、16 は該ペンシルスポンジの中空部、17 は高周波生成用振動子、18 は



テフロン製ノズル先端部である。

【0071】Penにおいては、ペンシルスポンジ13を回転させながら洗浄面上を走査することによって、接触洗浄を行う。

【0072】CJにおいては、高圧水ノズル15に高圧水(10~110kgf/cm<sup>2</sup>)が供給され、低圧水ノズル14には低圧水(1~2kgf/cm<sup>2</sup>)が同時に供給され、洗浄面に向けて射出される。射出された高圧水と低圧水の界面で多数のキャビティ(Cavity: 空洞)が形成される。CavipenではPenに用いるPVA製スポンジに、内径5~8mmの中空部16を有するスポンジをペンシルスポンジ5Cを用いている。その中に、高圧水を出す(高圧水)ノズル4だけを取り付けてある。ペンシルスポンジ5Cの中空部16内に溜まる薬液中に高圧水が吹き出されることでキャビティが発生する。

【0073】なお、高圧水を吹き出す高圧水ノズル15およびノズル4にはパラメーターとして、ノズル径(D=0.3, 0.4mm)、ウエハーからの高さ(L=3, 5, 7, 9, 11mm)がある。

【0074】MJにおいては、周波数200kHz, 400kHz, 700kHz, 1MHz, 1.5MHzを用いた。

【0075】2) 試料: ウエハー(半導体基板)は8インチベアースiウエハーを平面ウエハーとしてリファレンス(比較用基準)に用いた。該ウエハーには、8インチSiウエハーにRIEでL/Sの溝を形成したものを用いた(以下「凹形状ウエハー」という)。トレンチ深さは5000Åで最小L/Sは1μm/3μmである。その凹形状SiウエハーにLP-CVDでTEOS, Poly-Si, SiN膜をそれぞれ200~2000Åの厚さで成膜した。

【0076】粒子については洗浄評価に用いた粒子は高純度アルミナ(平均粒径0.7ミクロン: アドマテックス社製)を超純水に攪拌させたものを標準粒子液として用いた。

#### 【0077】3) 洗浄評価手順

評価装置はベアースiウエハーに対してはSP1又はSFS6200、凹形状ウエハーにはAIT-8000(全てKLA-Tencor社製)を、それぞれパーティクルカウンタとして用いた。各ウエハーのイニシャルのパーティクル(Defect)量を欠陥検査装置で測定した。その後、ウエハー上に粒子を塗布させるために、R/Sモジュールにて100rpmでウエハーを回転させたまま保持し、固定ノズルから超純水を照射してウエハー表面を濡れ性に保った後、標準粒子液を約3ccウエハー表面のみに垂らし、純水ロールスクラブ洗浄を20秒行なった。その後、ウエハーを乾燥させる場合にはMJモジュールにてスピン乾燥させた。これをドライサンプルと呼ぶ。一方、ウエハーを乾燥させずに、ウエット状

態でウエハーに吸着している粒子の洗浄評価を行う場合にはそのまま、各洗浄モジュールにウエハーを搬送させて、洗浄評価を行った。これをウエットサンプルと呼ぶ。ドライサンプルは標準粒子の吸着初期値をSP1, SFS6200とAITで測定後、各洗浄モジュールで洗浄評価を行った。ドライサンプル及びウエットサンプルは各モジュールで洗浄後、SP1, SFS6200とAITで最終粒子残留値を計測した。また、洗浄評価に用いた薬液は室温の希アンモニア水とし、主の洗浄条件として水素イオン濃度(pH)を10とした。また、希釈効果(pH依存度)を調べる実験ではpH7~10を範囲に選んだ。

#### 【0078】4) 周波数特性評価方法

Cavipenで発生するキャビティの周波数特性評価をMJ(1.5MHz)をリファレンスとして行った。ウエハーと同じ径のSUS製円盤に直径5mmの穴を開け、直径5mmの音圧センサー(東陽テクニカ製)を円盤裏面側から挿入し、円盤表面とセンサー表面を一致させた。このセンサー直上にMJ、Cavipenを設置し、洗浄条件にてノズルを揺動させずにセンサー上に照射した。デジタルアナライザーにて周波数特性解析を行った。

【0079】[実験結果] 最初に、評価の基準となるMJパーティクル洗浄評価結果を示す。(周波数依存性評価: 全てドライサンプル)

図7は、ベアースiウエハーでの異なる周波数を印加した場合の洗浄効果(除去率: %)を示す。洗浄条件はウエハー回転数100rpm、ノズルスキャン速度5mm/sec、スキャン回数3回、ノズル照射角度40~45度とした。一般に粒子の洗浄効果は超音波の出力を増加させると向上するため、単純に周波数のみの比較検討を行うため、この除去評価に用いた各周波数の出力は各周波数ピークの振幅電圧を270mVとし、1.5MHzのみを370mVとした。この結果、0.2~10ミクロン程度までの凝集粒子を含んだ粒子全体において、その洗浄効果に周波数依存性があるのが分かり、特に200~700kHzのような、数百kHzオーダーの周波数がMHzに比べて高い洗浄効果を示すことが分かった。

【0080】また、図8に、ベアースiウエハーでのウエハーセンター位置にノズルを固定した際の同一照射部位(直径40mmの円)における200, 400, 500, 700kHzでの洗浄時間依存性を示した(洗浄後の残留粒子数/40mmの円)。各周波数共に照射時間が増すと洗浄効果が上昇(残留アルミナ粒子数が減少)する。

【0081】しかしながら、同じ20秒間照射で異なる周波数を印加して洗浄した場合、それぞれの洗浄速度を比較すると、400~700kHzの周波数帯が顕著に速いことも判明した。

【0082】次に、凹形状ウエハーに関する洗浄効果の基準を示すものとして、表面の膜としてSiN膜を上述のような凹形状ウエハー上に成膜した試料について、MJによる印加周波数を変えた場合のアルミナ粒子の洗浄効果の変化を試験した。該試験結果による印加周波数と除去率の関係を図9に示す。洗浄前後の粒子残存状況をAIT-8000を用いて調べた結果、この凹形状ウエハーでも、400kHz近傍が最も高い洗浄効果を有していることが分かった。

【0083】一般に超音波を用いた粒子除去メカニズムは、超音波の加速度エネルギー、直進流エネルギー、キャビテーションによる空洞破壊時のエネルギーが関与すると言われている。超音波の周波数と洗浄可能な粒子サイズとの関係は、前述したように明瞭になっていないが、経験的に28kHzで3ミクロン程度以上のサイズの粒子を除去できるという基準に対して、周波数の反比例の関係になっていると言われている。つまり、除去能力可能粒子サイズは：

除去能力可能粒子サイズ(ミクロン) =  $3 \times 28 \times 10^3$

(Hz) / 使用周波数 (f)

という関係式で表される。この式によれば、500kHzで約0.16ミクロン以上のサイズ、1MHzで約0.08ミクロン以上のサイズ粒子を除去可能となる。従って、今回用いたような平均粒子径が0.7ミクロン(最小0.1～最大3ミクロン)程度である球粒子を洗浄する場合には、全ての粒子サイズでMHz帯の方がkHz帯よりも高い洗浄能力を有すと思われていた。しかしながら、上記試験結果から分かるとおり、実際には数百kHzの超音波が高い洗浄能力を有した結果となった。

【0084】上記実験結果から、この様なアルミナ粒子を除去するためには、液中において低周波数側で生じ易いキャビテーションによる洗浄が効果的であることがわかる。つまり、加速度および直進流エネルギーが主要因となるMHz帯洗浄では、CMP後にウエハー表面に吸着している粒子を物理的な力だけで除去するのは困難と言える。MHz帯洗浄で洗浄効果を持たせるためには、粒子が吸着している膜自体を化学的にエッチングし、リフトオフ作用と併用することで、粒子除去効果が期待できる。

【0085】一方、超音波を用いた洗浄で問題となるのはウエハーへのダメージであり、バッチ式のウエハー洗浄装置でも同様にダメージの問題を抱えている。この場合のウエハーへのダメージとは、ULSI微細パターンのパターン崩れ(飛び)が主であり、0.25ミクロンデバイスでも深刻な問題となっている。このダメージ問題はパターンの微細化に伴って判明してきた現象であり、パターンサイズと洗浄対象となるパーティクルサイズがほぼ同じサイズであることが問題である可能性が高い。

【0086】このパターン飛びの問題を解決するために、本来の目的である粒子の除去と言う観点からは除去効率が低下するが、パターン飛びが起こらない程度にまでMHzの出力を落とす試みや、洗浄薬液や超純水に酸素、窒素、アルゴンなどの気体を送り込み、粒子除去に関与すると思われるキャビテーションだけを効率良く発生させて、超音波の加速度および直進流エネルギーの程度を弱める試みがなされている。しかしながら、ウエハーにダメージを与えないで、パーティクルのみを効果的に除去する方法が明確になっていないため、現状では超音波洗浄をCMPポストクリーニングに使用することは困難である。

【0087】[Cavipen洗浄方法] 本発明にかかるCavipen洗浄方法は、おおよそ以下に行われる。

【0088】図10は本発明にかかるCavipen洗浄方法を実施する装置の一例を示す概略図であり、図1に示す装置と大略同様であり、同一の部材・部位には同一の参照番号を付し、それらの詳細な説明は省略する。

20 【0089】図10に示す装置において、ノズル先端4Aに近接した位置に、図示しないロードロックチャンバーから半導体基板20を導入して載置する。

【0090】次に、基板ホルダー2を例えば100ないし1000rpmの回転数で、またノズル支持アーム3を10ないし50mm/sec程度の摺動速度で動かし、ガス供給口10から窒素ガスを10slm程度供給し、排気口11から、排気することによりガス流を作り、さらに、たとえば30kgf/cm<sup>2</sup>乃至110kgf/cm<sup>2</sup>の圧力を加えた高圧水を、ペンシルスポンジ5Cの中空部16内に突出するノズル先端4Aから例えば1乃至10sec程度噴出させることにより半導体基板20表面を洗浄する。また、これら洗浄工程中、半導体基板20表面をウェット状態に保つように、リンス液供給管(図示せず)からリンス液を該表面に供給しても良い。

【0091】ここで、ノズル先端4Aから噴射される高圧水が、ペンシルスポンジ5C内の中空部16内に溜まった静止水又は低圧水と接触すると、多数のキャビティが生ずる。これらキャビティがつぶれる際に高周波が発生し、高周波が半導体基板20表面に伝播し、その周波数に応じて半導体基板20表面に附着した微細なダストが振動励起されて浮き上がり、高圧水によって除去される。これにより、清浄な半導体基板20表面がえられる。

【0092】[Capven洗浄方法と他の洗浄方法との効果の比較] 次にCavipen洗浄によるパーティクル除去効果・洗浄効果を他の洗浄方法の効果と比較する試験を行った。試験には、表面の膜としてTEOS膜を成膜した凹形状ウエハーに前述の標準粒子塗布を施した資料(以下「TEOS凹形状ウエハー」という)を用



いて、化学洗浄、Pen 洗浄、Cavipen 洗浄の洗浄効果を測定し、比較した。なお、化学洗浄については希アンモニア水洗浄のみを行った場合、Pen 洗浄については希アンモニア水洗浄と同時に Pen 洗浄を行った場合、Cavipen 洗浄については希アンモニア水洗浄と同時に Cavipen 洗浄を行った場合、それぞれを測定した。また、比較対象としてリファレンス（標準粒子塗布無し）のTEOS凹形状ウエハーについても測定を行った。またこれらの資料はウエット搬送された状態で洗浄を行った。

【0093】化学洗浄のみ行ったTEOS凹形状ウエハーでは、ほぼ全面に残留粒子が残っており、化学洗浄と同時にPen洗浄を行ったTEOS凹形状ウエハーでは、化学洗浄のみ行ったTEOS凹形状ウエハーに比べて残留粒子はかなり少ないが、全面に残留粒子が見られ、化学洗浄と同時にCavipen洗浄を行ったTEOS凹形状ウエハーでは、ほぼリファレンスと同様の状態に近いほど粒子が除去されていることが分かった。

【0094】上記測定結果を図11に示す。図11から明らかなように、標準粒子を純水ロールスクラブしたものを化学洗浄だけでは数万のオーダーで粒子が吸着している。すなわち、ウエット搬送後に希アンモニア水リンスを行った化学洗浄のみでは、アルミナ粒子を殆ど除去できない。ただし、この希アンモニア水処理は室温状態でやっているため、アルカリ溶液による酸化膜のエッチングが殆ど起こらない。熱酸化膜換算で数Å程度エッチングできるRCA洗浄のSC1処理を行うための70℃程度まで温度を上げるとすれば、リフトオフ効果で粒子除去が少しは期待できる。

【0095】希アンモニア水リンス状態にCavipen 30 n 洗浄を加えると、リファレンスの標準粒子を純水ロールスクラブしていないイニシャル欠陥レベル（標準粒子液塗布前の状態）まで除去が可能となった。これは、Cavipen 洗浄においてはPen洗浄による接触洗浄とキャビティによる非接触洗浄を同時に行っているため、凹部の溝内部に吸着している粒子を除去できたためと言える。しかしながら、希アンモニア水リンス状態に物理洗浄であるPen洗浄のみを行っても、90%程度はアルミナ粒子を除去できたが、10%程度はウエハー上にに残された。これは、ペンシルスポンジのみでは接触可能な溝上部に吸着していたアルミナが除去でき 40 ないことを意味している。

【0096】[Cavipen洗浄法のハードパラメータ依存性]ところで、本発明に係るCavipen洗浄方法において、キャビティが生じる理由は以下のように考えられている。図12にキャビティ発生概念図を示す。図12において、5Bはノズル治具、4は高圧水ノズル、5Cはペンシルスポンジ、71はノズル4から 50 射出された高速水柱、72は低速または静水状態の水、

73はキャビティ、Dはノズル内径、Lはウエハーからノズル下端部までの高さ、Pはノズル内の高圧水の圧力である。

【0097】図12において、ノズル内の経路に高圧の水（あるいは洗浄薬液、以下単に「水」とする）が供給されると、ノズル下端開口部から水が高速の水柱となって射出される。射出された水は、洗浄面とペンシルスポンジの下端との隙間から一部は流出するが、それ以外はペンシルスポンジの中空部に低速または静水状態の水72として留まる。低速または静止状態の水72中に高速の水71が噴出されると、速度の違う水自身の摩擦によりキャビティ（空洞）73が生じる。キャビティ73の発生過程を考えると、高速の水を吹き出すノズル内径Dが大きいと、高速水柱71の表面積が増大するため、静水72との接触面積が増大する。また、ウエハーからノズル下端部までの高さL、すなわち高速水柱の吹き出し位置が高いことも、同様に静水との接触面積を増大させる。さらに、高速水に加えられる圧力Pが高いと高速水の流速が増すため、単位時間当たりの接触面積が増大する。従って、これらのパラメータは全て静水72との接触面積を増大させ、その結果キャビティ73を効率良く発生させる因子である。

【0098】次に、Cavipenの洗浄能力をハードパラメータ（ノズル径（D）、吹き出し位置（L）、ウエハー回転数、洗浄液の圧力（P）、図12参照）を変化させて洗浄効果の評価をおこなった。

【0099】図13は、Cavipen洗浄方法において、ノズル径（D）を0.3mm、0.4mmにした場合の洗浄効果の違いを示す。他のパラメータについては、吹き出し位置（L）=11mm、ウエハー回転数=1000rpm、圧力（P）=50kgf/cm<sup>2</sup>、とした。図13から明らかなように、ノズル径の大きいほうが、洗浄効果が高いことが分かった。

【0100】図14は、Cavipen洗浄方法において、高圧水吹き出し位置（L）を7mm、11mmにした場合の洗浄効果の違いを示す。他のパラメータについては、ノズル径（D）=0.3mm、ウエハー回転数=1000rpm、圧力（P）=110kgf/cm<sup>2</sup>、とした。図14から明らかなように、高圧水吹き出し位置の高いほうが、洗浄効果が高いことが分かった。

【0101】図15は、Cavipen洗浄方法において、ウエハー回転数を10rpm、100rpm、1000rpmにした場合の洗浄効果の違いを示す。他のパラメータについては、ノズル径（D）=0.3mm、吹き出し位置（L）=11mm、圧力（P）=50kgf/cm<sup>2</sup>、とした。図15から明らかなように、ウエハー回転数が大きいほうが、洗浄効果が高いことが分かった。

【0102】図16は、洗浄液に加えられた圧力（P）の違いによって生ずる洗浄効果の違いを示す。ノズル径

(D) = 0.3 mm、吹き出し位置 (L) = 1.1 mm、ウエハー回転数 = 1000 rpm という条件下で圧力 (P) を 50 kg、110 kg とした場合、およびノズル径 (D) = 0.4 mm、吹き出し位置 (L) = 1.1 mm、ウエハー回転数 = 2000 rpm という条件下で圧力 (P) を 30 kg、60 kg、90 kg とした場合をそれぞれ測定した。図 16 から明らかなように、圧力 (P) が増大するにつれて、洗浄効果が上昇することが分かった。

【0103】すなわち、図 13～図 16 から分かるように、Cavipen 洗浄の洗浄能力は、高圧水のノズル径が大きいほど、ノズルの高圧水吹き出し位置がウエハーから離れるほど、圧力が高いほど向上する。また、ウエハーの回転数は高回転数ほど洗浄効果は向上する。これらパラメータを、条件 (洗浄装置、洗浄面材質等) の許す限り大きな値に設定することによって、本発明に係る Cavipen 洗浄方法の洗浄効果を一層増大させることができる。

【0104】[ドライ/ウェットと膜種依存性] ドライ搬送後に洗浄を行う場合とウェット搬送後に洗浄を行う場合とを比較すると、ドライ搬送後においては粒子が洗浄面に固着してしまうため、ウェット搬送後に洗浄を行うほうが、洗浄効果は高いとされている。また、洗浄面上の膜の種類によって、洗浄効果に差異が生ずることが分かっている。これらの要因と本発明に係る Cavipen 洗浄との関係についても以下のように評価を行った。

【0105】凹形状 Si-L/S サンプル上に TEOS, poly-Si, SiN のそれぞれの膜を形成した資料について、Cavipen 洗浄によるアルミナ粒子除去効果を測定比較する実験を行った。Cavipen 洗浄の主たる条件 (ノズル径 0.4 mm、ノズル高さ 1.1 mm、高圧水 90 kgf/cm<sup>2</sup>、ウエハー回転数 2000 rpm) は一定とした。これら 3 種の資料についてはドライ状態での洗浄結果を測定し、さらに SiN の試料についてはウェット状態での洗浄結果も測定した。また、比較基準として、ウェット状態での Pen 洗浄の洗浄結果も測定した。

【0106】これらの結果を図 17 に示す。なお、図 17 において、「初期値」は標準粒子液塗布後の粒子数、「乾燥後」はドライ搬送後の粒子数、「洗浄後」は洗浄処理後の粒子数を表す。

【0107】Cavipen 洗浄により、TEOS 膜と poly-Si 膜の形成された凹形状ウエハーでは、ドライサンプルでも、比較基準のウェット状態での Pen 洗浄と同じ程度にまで除去することができるとわかった。しかしながら、SiN 膜の形成された凹形状ウエハーでは洗浄が容易なウェットサンプルでも完全には比較基準にまで除去することができない。一方、Pen 洗浄ではウェットサンプルでも、SiN 膜上のアルミナ粒

子は殆ど除去できない。

【0108】[pH 依存性] 次に、物理的洗浄時に用いる化学洗浄の効果を明らかにするために、洗浄効果の水素イオン濃度 (pH) 依存性を試験した。この試験において pH はアンモニア水を超純水で希釈して変化させた。また、Cavipen 洗浄は前述のセンター条件でおこない、Pen 洗浄もリファレンスとして行った。試験には、TEOS 凹形状ウエハーを用い、異なる pH (pH 7 から pH 10) の洗浄液で洗浄した場合のアルミナ除去効果を測定した。また、比較対照として pH 7 での Pen 洗浄の洗浄効果も測定した。これらの結果を図 18 に示す。

【0109】図 18 から分かるように、同じ pH 7 で比較すると Pen 洗浄と Cavipen 洗浄では Cavipen 洗浄が粒子除去能力が高いことが分かる。さらに、pH を上げていくと Cavipen 洗浄のアルミナの洗浄効率が上がる事が分かる。すなわち、粒子除去には pH 依存性がある事が分かった。このような pH 依存性を示す理由は、pH の変化によって、膜と粒子それぞれのゼータ電位は変化し、両者のゼータ電位差もそれに伴って変化し、その結果両者の斥力の変化となって現れるためと考えられる。両者に斥力が働けば、粒子は膜からはなれ易くなり、また一旦膜から離れた粒子が膜に再付着することとも少なくなる。

【0110】前述の図 17 に示す結果から分かるような膜種依存性があること、およびこの図 18 に示す実験結果からわかるような pH 依存性があることから、粒子除去にはゼータ電位コントロールが必要であることが分かる。室温のアンモニア水では TEOS 膜、SiN 膜などは殆どエッチングされないことから、単純に薬液中での被吸着対象膜と吸着粒子間の表面電位差が大きければ、斥力が大きくなり除去が容易になると思われ、さらに、一旦除去されても再吸着を抑制できることになる。また、ゼータ電位コントロールを行う手段として、界面活性剤 (カチオン系、アニオン系) を用いても良い。

【0111】柏木正弘、服部毅、「シリコンウエハー表面のクリーン技術」(株)リアライズ社、p. 67、(1995) に記載の Si, SiO<sub>2</sub>, SiN それぞれの膜種のゼータ電位の pH 依存性のデータを図 19 に示す。また、Wilbur C. Krusell, John M. de Larlos, Jackle Zhang, "Mechanical brush scrubbing for post-CMP clean", Solid State Technology, pp. 109-114 (June 1995) に記載の SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> のゼータ電位の pH 依存性のデータを図 20 に示す。これらのデータから見ると、基本的には pH が 7 以上では酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、シリコン膜などは負の電荷を有し、アルミナ粒子は pH 8 を境に、pH 8 以下では正の電荷を有し、pH 8 以上では負の電荷を有するようになると思われる。洗浄液のアルカリの濃度が高くなる (水酸基濃度が上がる) と、膜表面の電位は負に傾く。

従って、膜と吸着粒子間で同電位であった場合には、各々電位が大きくなると大きな斥力が働き、除去が容易になる。すなわち、アルカリ濃度が高いと負の電位が大きくなり、粒子除去が容易になると言える。

【0112】〔周波数依存性〕上記種々の実験結果から、Cavipen洗浄が凹部中の粒子を効率良く除去できることがわかった。Cavipen洗浄が非接触洗浄にも関わらず、凹部中の粒子を除去できるのは、効果的にキャビティを発生させているからと考えられる。そこで、Cavipen洗浄ではどの程度の周波数のキャビティが発生しているかを測定し、評価した。また、比較のために通常の1.6MHzのMJ洗浄での周波数も測定した。Cavipen洗浄の条件は、洗浄効果に有為差が生じたノズル径Dを0.4mm、ノズル高さLを11mmとして、圧力を30, 60, 90kgf/cm<sup>2</sup>と変えて測定した。またMJについては印加周波数を1.6MHzとした。図21に音圧センサーで測定した各周波数における洗浄の周波数特性データを示す。なお、図21の結果からはMJの高周波強度が、Cavipenのそれよりも大きいように見えるが、これは両者のノズル口径の差、音圧センサのノイズレベルの差等によるものであり、Cavipenの発生する高周波強度がMJのそれに劣ることを示すものではない。

【0113】図21に示すデータから分かるように、MJでは1.6MHzの1/4周波数(400kHz)にピークが存在することが検知された。また、Cavipenでは、1kHz以下の周波数帯において、連続する周波数成分を有する高周波が発生しており、圧力を増加させると、1MHz以下で全ての周波数の強度が高まった。

【0114】MJ洗浄方法において、パーティクル除去効果の高い周波数帯は、MHz帯ではなく、200~700kHzのkHz帯であることを先に述べた。図21のデータから分かるようにCavipenで発生するキャビティは、パーティクル除去効果の高い周波数帯である、主に1MHz以下の数百kHz帯の高周波を発生するのである。これが、Cavipen洗浄方法が高い粒子除去効果を示した要因だと考えられる。

【0115】(第三の実施形態)次に図23を参照して、本発明の第三の実施形態に係る半導体基板洗浄装置に付いて詳細に説明する。

【0116】図23は、本発明の第三の実施形態に係る半導体基板洗浄装置に半導体基板を載置したときの要部の概略見取図である。

【0117】尚、図23で図1と同一の部分については同一の符号を付し説明を省略する。

【0118】本実施形態では、前記の第一の実施形態とは異なり、ステンレスに塩ビコーティングされた基板ホルダー2はチャンバー1の上面ほぼ中央を貫通して気密に且つ摺動可能に形成されている。この基板ホルダー2

はチャンバー1の外部の一端で図示しない回転機構に接続され、高速で回転可能となっている。また、その基板ホルダー2のチャンバー1内部の他端には半導体基板を着脱可能に形成された基板固定治具6が接続されている。その基板固定治具6には半導体基板20が表面(デバイス形成面)を上にしてほぼ水平に固定され、その半導体基板20は基板ホルダー2の回転によって回転可能になっている。

【0119】また、チャンバー1の上面にはリンス水供給管7が気密を保持した状態で貫通しており、半導体基板20表面にリンス水(超純水)が供給可能とされている。

【0120】一方、半導体基板20の裏面から下方にわずかに離間して、テフロンチューブ、細いステンレスチューブあるいは窒化珪素からなるチューブで形成された高圧水ジェットノズル4の先端4Aが高圧水ジェットを噴出可能に載置されている。このノズル4は先端4A近くをノズルフレーム5によって支持固定されている。

【0121】また、チャンバー1の底面にはその周辺部近くで気密を保持した状態でチャンバー1底面を貫通して断面円形で軸状のノズル支持アーム3が摺動可能に載置されている。チャンバー1外部のノズル支持アームの一端には図示しない回転機構が接続され、一定角度範囲で回転可能となっている。又、ノズル支持アーム3の上部はチャンバー1内でチャンバー1中心方向に向かってL字型に形成され、そのL字型に形成された端部に上記のノズルフレーム5が固定されている。

【0122】このような構成を取る事により、ノズルフレーム5はノズル支持アーム3に安定的に固定され、また、ノズル支持アーム3を一定角度範囲で回転することにより、ノズルフレーム5を半導体基板20裏面の直径方向全体に走査することができ、さらに基板ホルダー2を回転させることで半導体基板20裏面の全面をノズル先端4Aと近接させることが可能となる。

【0123】また、テフロンチューブ等の柔軟な管で形成されたノズル4は高圧水の供給管を兼ねており、ノズル支持アーム3の回転に十分追随可能な長さの余裕を持って、チャンバー1底部からチャンバー1外部に気密を保持した状態で導出されている。そのチャンバー1外部の一端は図示しない高圧水供給部に接続され、高圧水が連続して供給可能とされている。

【0124】また、チャンバー1の上面にはガス供給口10が形成されており、窒素等の不活性ガスを供給することができる。一方、チャンバー1の半導体基板20の載置部より下部に、外部に載置された図示しない排気装置に接続された排気口11が形成されており、上記のガス供給口10から供給された不活性ガスを排気することができる。

【0125】次にこの装置を用いて半導体基板表面を洗浄する方法について説明する。

【0126】上記した装置に、ロードロックチャンバーから半導体基板20を導入して裏面をノズル先端4Aに近接して基板固定治具6に固定する(図23)。

【0127】次に、基板ホルダー2、ノズル支持アーム3をそれぞれ、100rpm、10ないし50mm/sec程度で動かし、ガス供給口10から窒素ガスを10slm程度供給し、排気口11から排気することによりチャンバー1内にガス流を作り、50ないし150kgf/cm<sup>2</sup>程度の圧力で高圧水を内径5mm程度のノズル先端4Aから半導体基板20裏面に向けて1ないし10slm程度噴出させる。さらに、リンス水供給管7から超純水を半導体基板20表面に100ないし500slm程度供給する。

【0128】ここで、高圧水に1.6MHz程度の高周波を印加しておくことにより、本発明者らが確認したところによれば、図24に模式的に示したように、高圧水の噴出時に高周波が半導体基板20裏面に形成された薄い水皮膜50に衝撃波として伝わり、その高周波が半導体基板中を伝播して半導体基板20表面に衝撃を加え、その周波数に応じて半導体基板20表面に附着した微細なダストが振動励起されて浮き上がり、リンス水によって除去されることが分かった。この時、半導体基板20を伝播することによる衝撃波の減衰は殆ど見られず、上記の本発明の第一の実施の形態と同様のダストの浮き上がりが発生することが確認された。この浮き上がったダストは、リンス水供給管7から供給される超純水によって洗浄され、これにより、清浄な半導体基板20表面がえられることが確認された。このようにリンス水は単に浮き上がったダストを押し流すだけであるため、高圧であることは不要であり、0.1ないし1kgf/cm<sup>2</sup>程度の低圧で十分である。

【0129】また、図25に示すように、半導体基板20裏面に噴出する一次高圧水圧力と、半導体基板20表面に伝播する衝撃波の強度(透過二次強度)は比例することが確認されており、一次高圧水圧力で衝撃波強度を制御できることが確認された。

【0130】上記の実施形態に係る半導体基板の洗浄方法によれば、高圧水の噴出は半導体基板20の裏面に向かって行われる。このため、ミストの発生する領域は半導体基板20の裏面側のみに限定され、半導体基板20の表面側にミストが廻り込むことがない。このため、半導体基板20の表面側にミストに起因するダスト附着が起こることはない。

【0131】また、上記の実施形態に係る半導体基板の洗浄方法によれば、表面洗浄用のリンス水は低圧水で良い。ここで、半導体基板表面に附着しているダスト以外の金属等の不純物の除去には酸、アルカリを用いてエッチングすることが有効であるが、本実施の形態では上記の低圧リンス水に変えて酸、アルカリ等の化学薬品を使用することが可能となる。即ち、リンス水が低圧である

ため半導体基板上部にまで化学薬品が飛散することが無く、また、裏面に噴射された高圧水によるミストが半導体基板20の表面側に廻り込むこともないため、半導体基板20より下部の装置内面のみを耐酸性、耐アルカリ性にしておけば、リンス水に替えて酸、アルカリを含む溶液を用いて洗浄しても洗浄装置内壁を腐食する恐れも、洗浄装置内に塩化アンモニウムなどの無機塩が附着する恐れも無い。また、裏面洗浄の必要に応じて、高圧水として化学薬品を用いることも可能である。尚、従来の技術では、高圧水ミストが洗浄装置上部にも舞い上がり、特に、ロードロック部分にも進入してしまっていた。ロードロック部分は半導体基板の搬入出を可能にしかつ遮蔽時に十分な気密を維持するためにゲートバルブ等を用い、金属面同士での気密を維持することが必要であり、この部分を耐酸性、耐アルカリ性の表面で形成すること不可能であった。しかしながら上記の本実施の形態によれば耐酸性、耐アルカリ性を要求される部分は半導体基板より下部に位置する領域のみであり、上記のロードロック部は除外することができる。これらの半導体基板より下部に位置する領域は摺動部分は小領域のみであり、テフロンシール等で十分に気密を維持し得る。従って本実施の形態では半導体基板より下部の洗浄装置内壁をテフロンコーティング等によって耐酸性、耐アルカリ性とすることで純水よりも洗浄力の強い酸、アルカリ等をリンス水、高圧水として使用することができる。

【0132】尚、ここで用いる酸、アルカリとしては、塩酸、アンモニア水、過酸化水素水、オゾン水、電界イオン水など及びそれらの混合物が適当である。

【0133】次に、本実施形態に係る半導体基板の洗浄装置を用いて表面にMOSキャパシタの形成された半導体基板を洗浄した場合にMOSキャパシタが静電破壊されるアンテナ比の最低値の一次高圧水圧力依存性を、従来の半導体基板の洗浄装置を用いた場合のそれと比較して図26に示す。ここで、アンテナ比とは、MOSキャパシタのキャパシタ酸化膜の面積に対する、キャパシタ電極の面積を示したものであり、アンテナ比が大きい(電極面積が比較的大きい)ほど静電破壊に弱い。

【0134】図26に示したように、従来例(従来の半導体基板の洗浄装置を用いた場合)では、一次高圧水圧力が60kgf/cm<sup>2</sup>以下では静電破壊を起こすアンテナ比は $1 \times 10^{17}$ 以上を維持しているが、それを越えると急激に低下し、一次高圧水圧力が100kgf/cm<sup>2</sup>では $1 \times 10^{13}$ にまで低下してしまう。これに対し、本実施形態にかかる半導体基板の洗浄装置を用いた場合には、一次高圧水圧力が100kgf/cm<sup>2</sup>でもアンテナ比は $1 \times 10^{17}$ 以上を維持しており、顕著な相違があることが確認された。これは、従来の技術では高圧水の噴射時に表面との摩擦で高圧水圧力にほぼ比例して半導体基板表面に静電気が発生するのに対し、本実施形態にかかる半導体基板の洗浄装置を用いた場合に

は半導体基板表面に高圧水が触れることが無く表面に静電気が発生する恐れが非常に少ないためであると考えられる。このため、本実施形態によれば表面の半導体素子を破壊する危険が非常に小さく、高い素子信頼性を保証できる半導体基板洗浄方法を提供することができる。

【0135】次に本実施形態に係る半導体基板の洗浄装置の変形例について図面を用いて説明する。

【0136】図27は第一の変形例の断面見取図であり、上記の図23と同一の部分には同一の符号を付し説明を省略する。

【0137】本変形例では図23に示した基板ホルダー2とリンス水供給管7を合わせた機能を有する基板ホルダー兼リンス水供給管8を用いている。その基板ホルダー兼リンス水供給管8のチャンバー1内部の先端には半導体基板20が着脱可能であるように形成された基板固定治具6が接続されている。また、その基板固定治具6には半導体基板20を固定可能と成すように固定ピンが3本乃至5本程度形設され、その固定ピンに半導体基板20が表面（デバイス形成面）を上にしてほぼ水平に固定されている。その半導体基板20は、チャンバー1上面を貫通し、気密に且つ摺動可能に形成された基板ホルダー兼リンス水供給管8の回転によって回転可能になっている。このような形態を取る事により、本変形例では、上述の本発明の第二の実施形態に係る半導体基板の洗浄装置で述べた利点に加え、洗浄中は半導体基板20表面中央部からリンス水が常に半導体基板20表面を覆うようになっており、気相中の浮遊ダストが半導体基板20表面に附着する余地が殆ど無く、更に清浄な半導体基板を得ることができる。

【0138】また、図28は第二の変形例の断面見取図であり、上記の図23と同一の部分には同一の符号を付し説明を省略する。

【0139】本変形例では、チャンバー1の底部外周部の排気口11Aに加えて、チャンバー1の底面ほぼ中央部に排気口11Bが設けられている。この排気口11Bからも排気を行うことにより、基板裏面で発生したミストをほぼ半導体基板直下の近接した部分から排気可能となる。これにより、本変形例では、上述の本発明の第二の実施形態に係る半導体基板の洗浄装置で述べた利点に加え、洗浄装置底面からのミストの反射等が抑えることができ、チャンバー1下部の容積を削減して、装置の小型化を図ることができる。

【0140】（第四の実施形態）次に本発明の第四の実施形態につき図29を用いて詳細に説明する。図29は、本発明の第四の実施形態に係る半導体基板洗浄装置に半導体基板を載置したときの要部の概略見取図である。尚、図29で、図23と同一の部分については同一の符号を付し説明を省略する。

【0141】本実施形態では、チャンバー1内部に、チャンバー1の底面をその底面として、洗浄槽1Aがチャ

ンバー1内部の半導体基板載置予定領域とノズル先端4Aとが収納可能となるように形成されている。

【0142】半導体基板20は、第三の実施形態と同様に図示しないロードロックチャンバーを介してチャンバー1内の基板ホルダー6に取り付け可能である。また、本実施形態では、基板ホルダー2に図示しない上下駆動機構が取り付けられておりこれによって基板ホルダー2は上下駆動並びに回転が可能となっている。これにより、半導体基板20をチャンバー1内に導入して基板固定治具6に固定した後に、さらに基板ホルダー2をチャンバー1に対して降下させることにより半導体基板20を洗浄槽1A内部に収納することが可能である。

【0143】また、ノズル4は、ノズル支持アーム内部に収納されてノズル支持アームとともにチャンバー1外部に導出され、外部から高圧水が供給可能とされている。

【0144】また、洗浄槽1Aにはリンス水供給管7からリンス水が供給可能であり、これにより洗浄槽1Aをリンス水で満たすことが可能である。

【0145】更に、洗浄槽1Aの下部には図示しない排水バルブが取り付けられており、このバルブを開くことで、随時、洗浄槽1A内部のリンス水を排出可能である。また、この排水は、排気口11から装置外部に排出可能とされている。

【0146】次にこの装置を用いて半導体基板を洗浄する方法について図29を用いて詳細に説明する。

【0147】上記した半導体基板洗浄装置に図示しないロードロックチャンバーを介して半導体基板20を導入し、基板固定治具6に固定する。その後、基板ホルダー2を降下させ、半導体基板20がノズル先端4Aに近接し、かつ、洗浄槽1Aに収納される位置で停止させる。ここで、基板ホルダー2にはこの位置で回転可能となるように図示しない回転機構がチャンバー1外部で接続されている。

【0148】次にリンス水供給管7から超純水を供給し、洗浄槽1A内部に超純水を充滿させた後、超純水の供給を続けながら洗浄槽1A下部の図示しないバルブを開き、洗浄槽1A中の超純水が徐々に置換されるようにする。尚、バルブを用いずに、洗浄槽1A上部から超純水がオーバーフローするようにしてもよい。

【0149】この状態でノズル先端4Aから高圧水を半導体基板20裏面に向けて噴出し、同時に、ノズル支持アーム3、基板ホルダー2の回転を行う。

【0150】このようにして半導体基板の洗浄を行うことにより、本実施形態では上記の本発明の第三の実施形態に係る半導体基板の洗浄方法で述べた効果に加えて、以下の効果がある。即ち、

1) 半導体基板20は、常に超純水中に浸されており、表面が気相中に触れることはない。気相中と比較すると、超純水中ではミストは存在せず、ダストも極めて少

10

20

30

40

50

ない。このため超純水中で、超純水を順次置換しつつ洗浄を行うことで、ダスト附着、ダスト再附着の無い極めて清浄な半導体基板表面を得ることができる。

【0151】2) 洗浄槽1A内壁、基板固定治具6、ノズルフレーム5、ノズル支持アーム3をそれぞれ、耐薬品性の高いテフロン等で構成するか、それらでコーティングすることにより、リンス水として、酸性、アルカリ性の洗浄液を使用することが可能となる。これにより、半導体基板表面の金属附着物も除去することが可能となる。また、それに引続き、超純水による洗浄を行うことが可能である。この場合、必要に応じて、リンス水供給管を増設してリンス水の種類によって使い分けてもよい。

【0152】CMP後に上記の本発明の第四の実施の形態を用いた洗浄をおこなった半導体基板上のパーティクル数を、従来の洗浄方法、上述の第一の実施の形態の洗浄方法を行った場合と比較して図30に示した。本実施の形態では、流水中でダスト除去を行うためミスト再附着の余地が無く、上述の第一の実施の形態の洗浄方法と比較しても、さらにパーティクル数が減少していることが分かる。

【0153】次に本実施形態の変形例につき、図31を用いて説明する。図31(A)は、上記の実施形態で用いたノズル先端4A、及びノズルフレーム5の上面図である。ほぼ円筒型のノズルフレーム5の中心から細いテフロンチューブであるノズル先端4Aが突き出している。

【0154】図31(B)は、ノズル先端4A及びノズルフレーム5の第一の変形例を示しており、ほぼ洗浄する半導体基板の直径に相当する長さを有する直方体形のノズルフレーム5に、複数のノズル先端4Aが突き出している。

【0155】また、図31(C)は、ノズル先端4A及びノズルフレーム5の第二の変形例を示しており、断面がほぼ洗浄する半導体基板形状に相当する厚みのある円盤形状のノズルフレーム5に、複数のノズル先端4Aがノズルフレーム5のほぼ全面に均一に突き出している。

【0156】これらの変形例では、半導体基板の直径方向、ないしは、半導体基板のほぼ全面に対応してノズル先端4Aが形成されているため、図29に記載の基板ホルダー2を回転させればノズル支持アーム3は回転させなくても、半導体基板裏面全面を洗浄することが可能である。また、上記の第二の変形例では、ノズル先端4Aが十分に密に形成されていれば、基板ホルダー2、ノズル支持アーム3共回転させなくても半導体基板裏面全面を洗浄することが可能である。これらの変形例を用いることにより、洗浄装置の回転部分を削減でき、装置構成を簡単にすることができる。また、これらの変形例では複数のノズル先端4Aが必要であるが、ノズル4が細いため、複数のノズルを纏めてノズル支持アーム3内部に

収納することが可能である。

【0157】(第五の実施形態)次に第五の実施形態につき図32を用いて詳細に説明する。図32は、CMP (Chemical mechanical polish) 装置等を用いてラッピングを行う際に、軸30A、ラッピング盤30Bからなるラッピング治具30に貼付され、ラッピングの終了した半導体基板20を洗浄する洗浄装置の要部断面図を示している。

【0158】上記のラッピング治具に貼付された半導体基板20はラッピング工程の終了後、次工程に進む前に、図示した純水で満たされたラッピング盤洗浄槽40内に浸され、ラッピング盤洗浄槽40内に設置されたノズルフレーム5中の複数のノズル先端4Aから噴出する高圧水によって裏面洗浄を行うことができる。ここで、ノズルフレームとしては上記の第四の実施形態の変形例で記載した直方体形のノズルフレーム5、ないし、厚みのある円盤形状のノズルフレーム5を用いることで、ノズルフレーム5乃至ラッピング治具30の何れかを回転させる(直方体形のノズルフレーム5使用のとき)か、両方とも固定させて使用する(厚みのある円盤形状のノズルフレーム5使用のとき)ことで短時間に十分に洗浄を行うことができる。

【0159】また、このときの高圧水圧力( $50\text{ kg f / cm}^2$ )と、洗浄後の残留パーティクル数(Particle count/ウェハー)の関係を図33に示した。この図に示したように、CMP直後の非常に汚れた面であっても本実施の形態に記載の方法を用いることで、高圧水圧力 $120\text{ kg f / cm}^2$ とすれば、残留パーティクル数20以下を実現できる。

【0160】尚、上記の各実施形態ではノズル4は、テフロンチューブ、ステンレスチューブ、窒化珪素チューブを用いる例について説明したが、これは、ノズル中を流れる高圧水の水圧などによって適宜変えらることができる。例えば、高圧水ポンプからノズル先端近傍までをステンレスチューブで形成し、ノズル先端部のみを窒化珪素で形成してもよい。このようにすることにより、十分な高圧水に耐え、かつ、半導体基板の近傍では汚染恐れのない極めて少ないチューブとすることができる。また、ステンレスチューブ内壁に酸化クロム膜等を形成することで、高圧水に代えて高圧薬品を使用することも可能となる。また、テフロンチューブを用いて、先端部のみを窒化珪素としてもよい。このようにすることで、容易に耐薬品性のあるチューブを得る事ができる。さらに、高圧水の圧力によっては塩化ビニル製チューブでも使用できる場合も有り、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、種々の変更が可能である。

【0161】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、ダスト再附着の無い基板洗浄装置を提供することができる。また、その装置を用いて必要に応じて酸、アルカリ



等の薬品を使用することができる。また、本発明によれば、ダスト再附着の無い半導体基板洗浄方法を提供することができる。さらに、複数の周波数発生源を用いることなく、粒子除去に有効な周波数帯の高周波を発生させることが可能であり、かつ平坦部・凹部の両方について粒子除去効果の高い非接触式半導体基板洗浄方法が提供でき、従来3段洗浄が必要だったCMP後洗浄モジュールをR/Sと組み合わせた2段洗浄で可能とし、凹部を有するウェハーにおいても高い粒子の洗浄効果を得ることを可能とした。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明第一の実施形態に係る枚葉式の半導体基板洗浄装置に半導体基板を載置したときの要部の概略見取図である。

【図2】 傘型覆い5A近傍の拡大見取図である。

【図3】 傘型覆い5Aの下端から半導体基板20表面までの距離Aをノズル高さとし、そのノズル高さを5mm及び1mmとした場合の、半導体基板洗浄時の高圧水の圧力（一次高圧水圧力）を横軸にとり、洗浄、乾燥後の8インチ半導体基板上の附着ダスト数（ウェハー当たりパーティクル数）を縦軸にとったときの関係を示す図である。

【図4】 傘型覆い5A下端部の開口長B（ノズル幅B）を20mmから100mmまで変化させ、半導体基板20に照射する高圧水の圧力を $50\text{kgf/cm}^2$ 、 $100\text{kgf/cm}^2$ としたときの洗浄・乾燥後のウェハー当たりのパーティクル数の関係を示した図である。

【図5】 第一の実施形態の変形例の断面概略見取図である。

【図6】 第二の実施形態に関する実験モジュールに用いた、Pen、CJ、Cavipen、MJの各ノズルの概略断面図である。

【図7】 MJにおける洗浄効果の周波数依存性を示す図である。

【図8】 MJにおける洗浄効果の照射時間依存性を示す図である。

【図9】 凹形状ウェハー上に成膜した試料についてのMJにおける洗浄効果の周波数依存性を示す図である。

【図10】 第二の実施例にかかるCavipen洗浄方法を実施する装置の概略図である。

【図11】 Cavipen洗浄によるパーティクル除去効果・洗浄効果を他の洗浄方法の効果と比較する試験の結果を示す図である。

【図12】 本発明にかかるCavipen洗浄方法におけるキャビティー発生原理を説明するための概念図である。

【図13】 Cavipen洗浄方法の洗浄効果のノズル径依存性を示す図である。

【図14】 Cavipen洗浄方法の洗浄効果の高圧水吹き出し位置依存性を示す図である。

【図15】 Cavipen洗浄方法の洗浄効果のウェハー回転数依存性を示す図である。

【図16】 Cavipen洗浄方法の洗浄効果の圧力依存性を示す図である。

【図17】 Cavipen洗浄方法の洗浄効果の表面膜種依存性を示す図である。

【図18】 Cavipen洗浄方法の洗浄効果のpH依存性を示す図である。

【図19】 Si、SiO<sub>2</sub>、SiNそれぞれの膜種のゼータ電位のpH依存性を示す図である。

【図20】 SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>のゼータ電位のpH依存性を示す図である。

【図21】 MJおよびCavipen洗浄に関する、音圧センサーで測定した各周波数における洗浄の周波数特性を示す図である。

【図22】 第一の実施形態の変形例におけるノズル先端部の要部の断面図である。

【図23】 本発明の第三の実施形態に係る半導体基板洗浄装置に半導体基板を載置したときの要部の概略見取図である。

【図24】 高圧水の噴出時に高周波が半導体基板20裏面に形成された薄い水皮膜50に衝撃波として伝わり、その高周波が半導体基板中を伝播して半導体基板20表面に衝撃を加える様子を模式的に示した図である。

【図25】 半導体基板20裏面に噴出する一次高圧水圧力と、半導体基板20表面に伝播する衝撃波の強度（透過二次強度）の関係を示した図である。

【図26】 本発明の第三の実施形態に係る半導体基板の洗浄装置を用いて表面にMOSキャパシタの形成された半導体基板を洗浄した場合にMOSキャパシタが静電破壊されるアンテナ比の最低値の一次高圧水圧力依存性を、従来の半導体基盤の洗浄装置を用いた場合のそれと比較して示した図である。

【図27】 本発明の第三の実施形態の第一の変形例の断面見取図である。

【図28】 本発明の第三の実施形態の第二の変形例の断面見取図である。

【図29】 本発明の第四の実施形態に係る半導体基板洗浄装置に半導体基板を載置したときの要部の概略見取図である。

【図30】 CMP後に本発明の第四の実施の形態を用いた洗浄をおこなった半導体基板上のパーティクル数を、従来の洗浄方法、本発明の第一の実施の形態の洗浄方法を行なった場合と比較して示した図である。

【図31】 本発明の第四の実施形態の変形例における、ノズル先端4A、及びノズルフレーム5の上面図である。

【図32】 本発明の第五の実施形態における洗浄装置の要部断面図である。

【図33】 本発明の第五の実施形態における洗浄装置

31

を用いて洗浄したときの高压水圧力 ( $50 \text{ kgf/cm}^2$ ) と、洗浄後の残留パーティクル数 (particle count/ウェハー) の関係を示した図である。

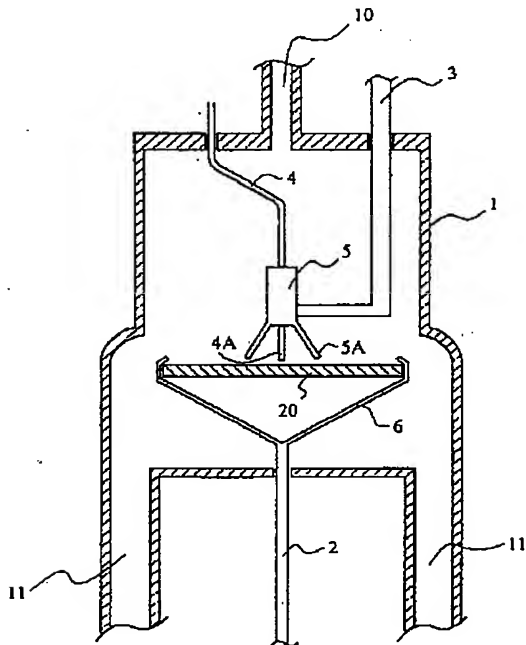
【図 34】 従来の枚葉式の半導体基板洗浄装置に半導体基板を載置したときの要部の概略見取図である。

【図 35】 CMP 平坦化工程後に、研磨されたウェハー表面に研磨粒子が残留する様子を示す図である。

【符号の説明】

- 1・・・チャンバー
- 1A・・・洗浄槽
- 2・・・基板ホルダー
- 3・・・ノズル支持アーム
- 4・・・ノズル
- 4A・・・ノズル先端
- 5・・・ノズルフレーム
- 5A・・・傘型覆い
- 5B・・・スポンジ固定治具
- 5C・・・ペンシルスポンジ
- 6・・・基板固定治具
- 7・・・リンス水供給管
- 8・・・基板ホルダー兼リンス水供給管

【図 1】

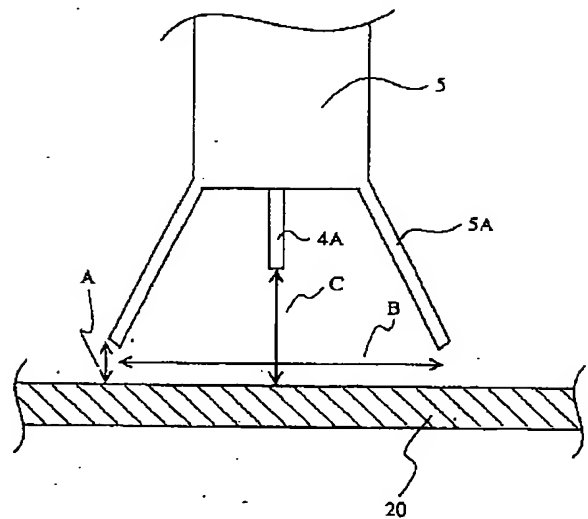


- 1…チャンバー
- 2…基板ホルダー
- 3…ノズル支持アーム
- 4…ノズル
- 4A…ノズル先端
- 5…ノズルフレーム
- 5A…傘型覆い
- 6…基板固定治具
- 10…供气口
- 11…排気口
- 20…半導体基板

32

- \* 10・・・ガス供給口 (供气口)
- 11、11A、11B・・・排気口
- 12・・・ノズル治具
- 13・・・柱状PVA製ペンシルスポンジ
- 14・・・低压水ノズル
- 15・・・高压水ノズル
- 16・・・ペンシルスポンジの中空洞
- 17・・・高周波生成用振動子
- 18・・・テフロン製ノズル先端部
- 10 20・・・半導体基板
- 30・・・ラッピング治具
- 30A・・・軸
- 30B・・・ラッピング盤
- 40・・・ラッピング盤洗浄槽
- 50・・・水被膜
- 61・・・研磨粒子
- 62・・・洗浄液
- 63・・・ウェハー
- 71・・・高速水柱
- 20 72・・・低速または静止状態の水
- \* 73・・・キャビティ (空洞)

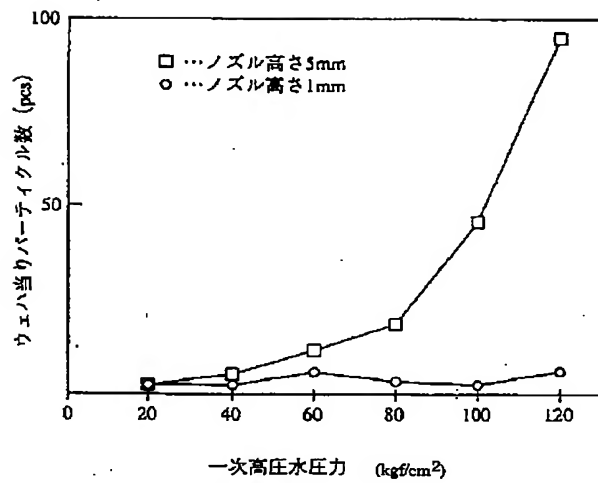
【図 2】



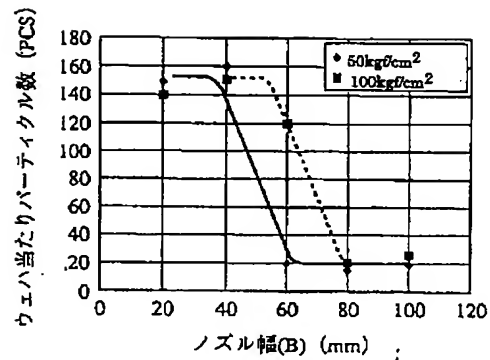
- 4A…ノズル先端
- 5…ノズルフレーム
- 5A…傘型覆い
- 20…半導体基板



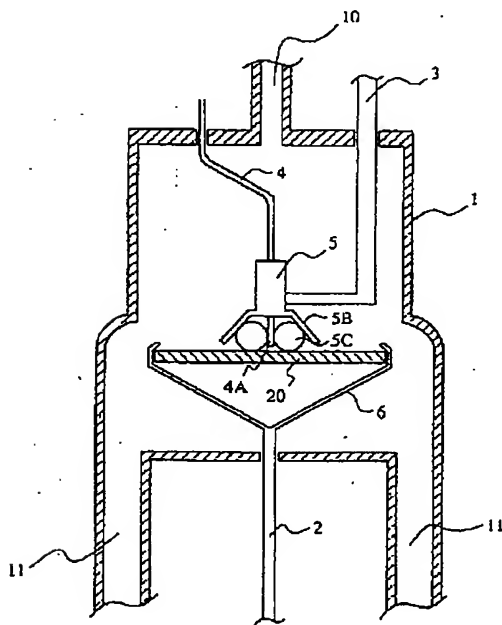
【図3】



【図4】

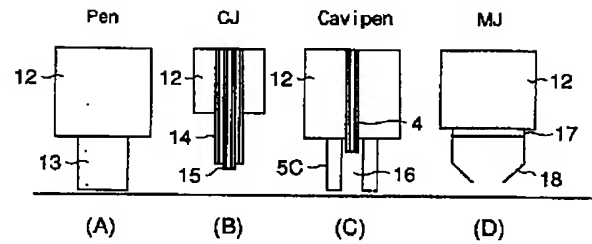


【図5】

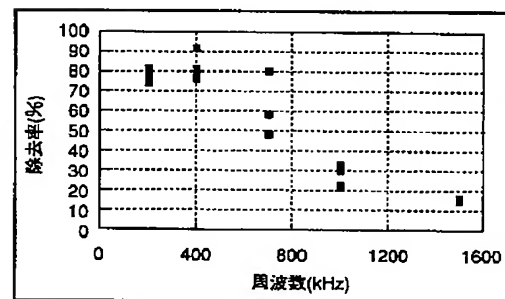


- |              |               |            |
|--------------|---------------|------------|
| 1...チャンバー    | 4A...ノズル先端    | 6...基板固定治具 |
| 2...基板ホルダー   | 5...ノズルフレーム   | 10...供气口   |
| 3...ノズル支持アーム | 5B...スポンジ固定治具 | 11...排気口   |
| 4...ノズル      | 5C...ペンシルスポンジ | 20...半導体基板 |

【図6】

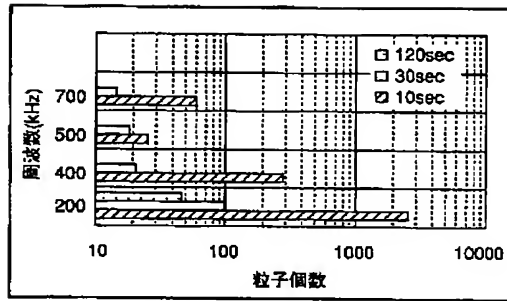


【図7】



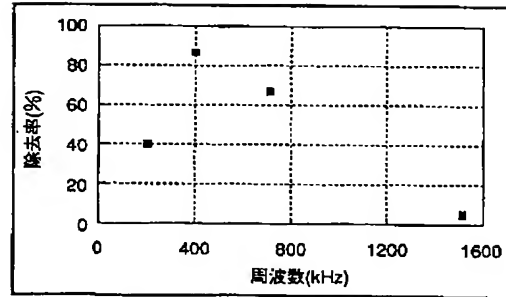
MJ洗浄周波数依存性(ベアースiウエハー)

【図8】



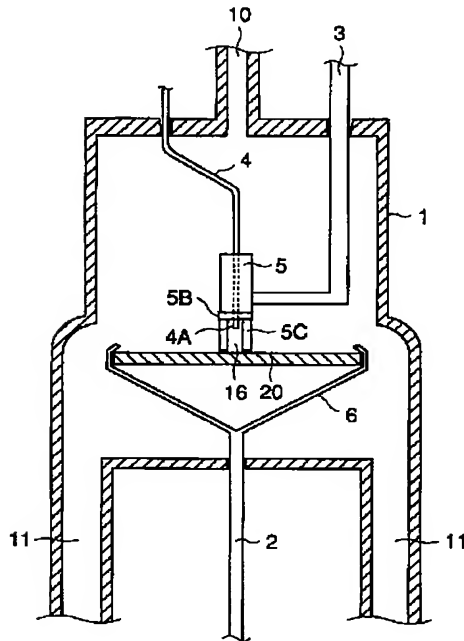
MJ洗浄洗浄時間依存性(ペアー-Siウエハー)

【図9】

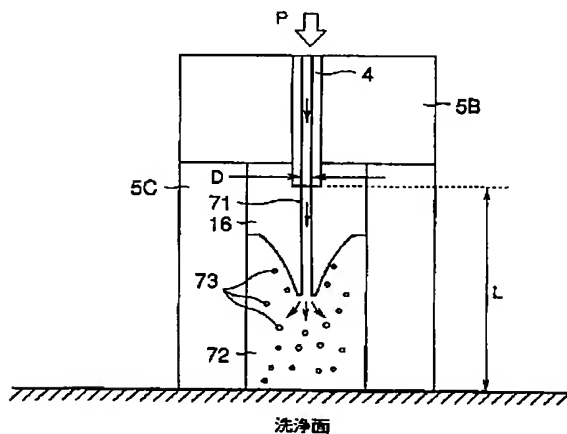


MJ洗浄周波数依存性(SiN/Siウエハー:L&amp;S)

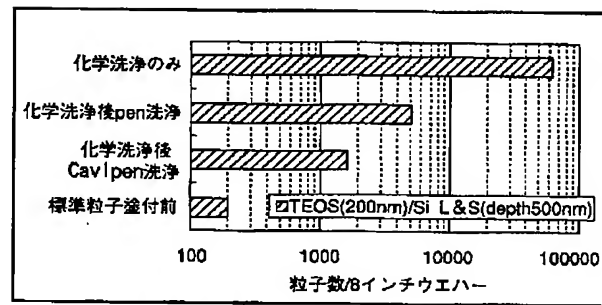
【図10】



【図12】

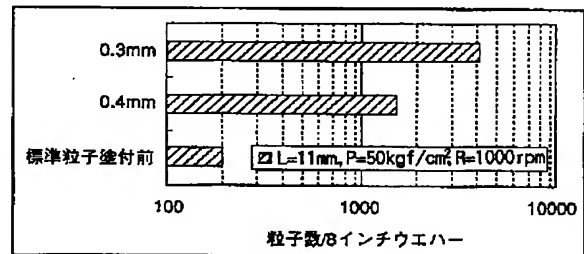


【図11】



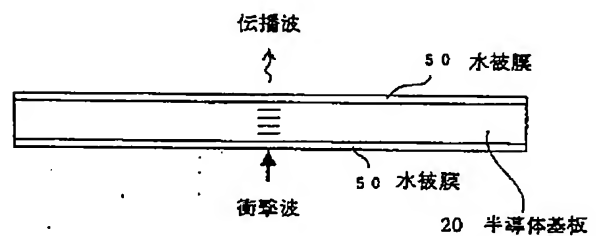
各種洗浄効果の比較(TEOS/Siウエハー:L&amp;S)

【図13】

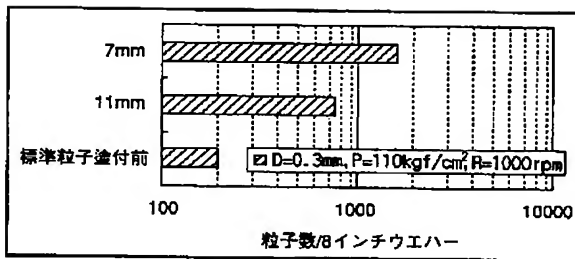


高圧水ノズル径依存性(TEOS/Siウエハー:L&amp;S)

【図24】

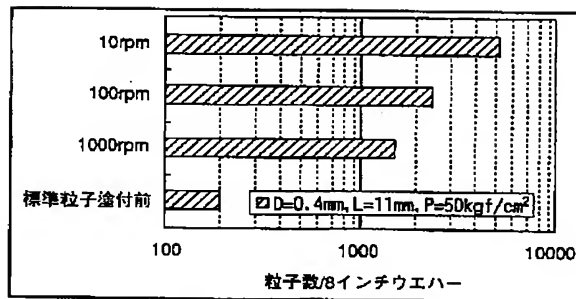


【図14】



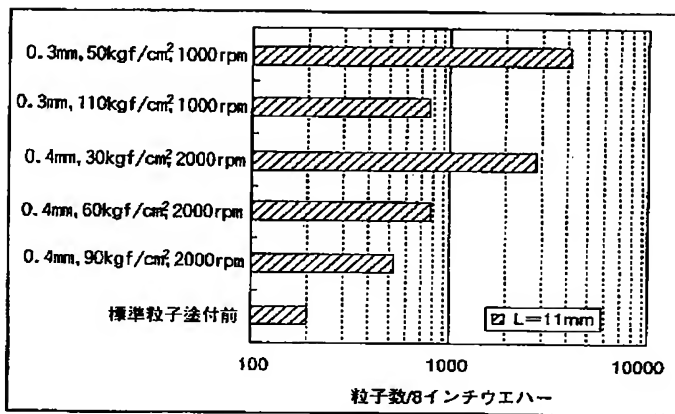
高圧水吹き出し位置依存性(TEOS/Siウエハー : L&amp;S)

【図15】



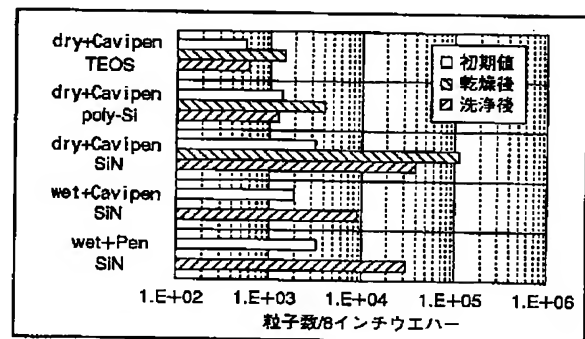
ウエハー回転数依存性(TEOS/Siウエハー : L&amp;S)

【図16】



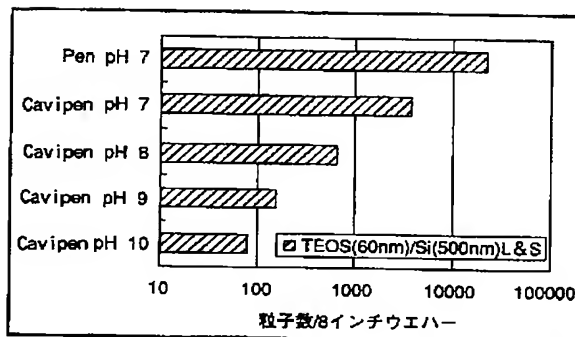
圧力依存性(TEOS/Siウエハー : L&amp;S)

【図17】



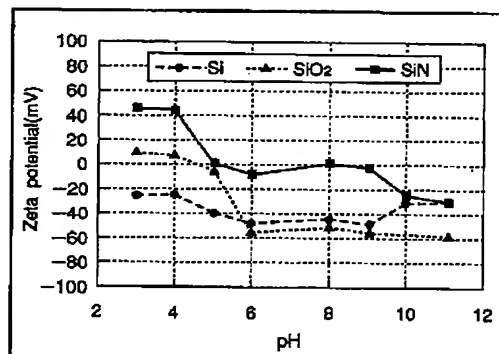
表面膜種依存性(TEOS, Poly-Si, SiN/Siウエハー : L&amp;S)

【図18】

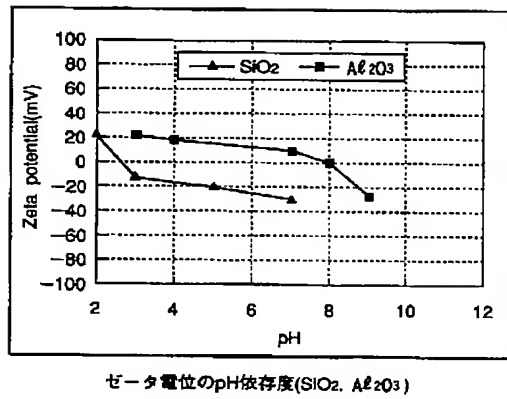


pH濃度依存性

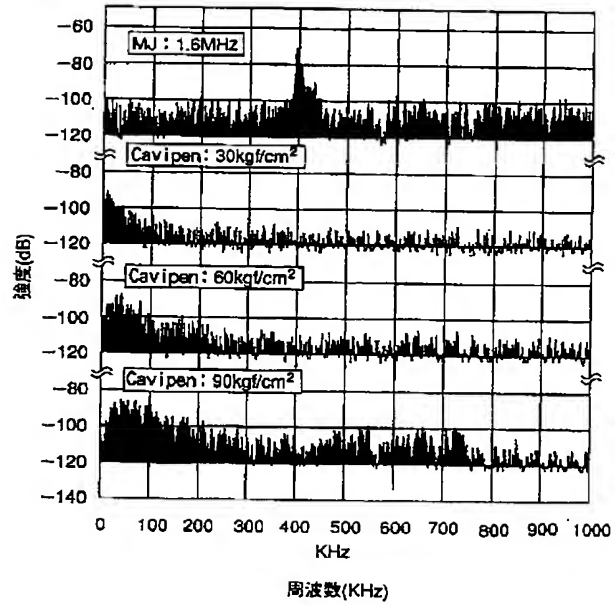
【図19】

ゼータ電位のpH依存性(Si, SiN, SiO<sub>2</sub>)

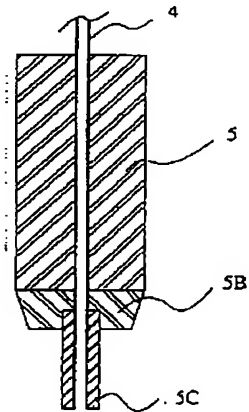
【図 20】



【図 21】

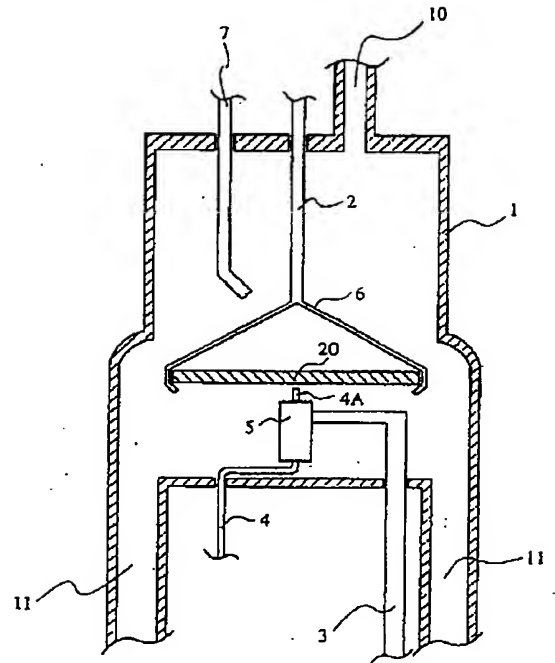


【図 22】



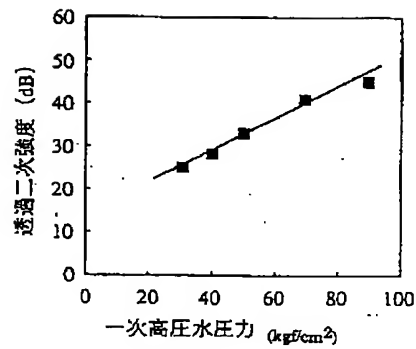
4…ノズル 5…ノズルフレーム 5B…スポンジ固定治具  
5C…ペンシルスポンジ

【図 23】

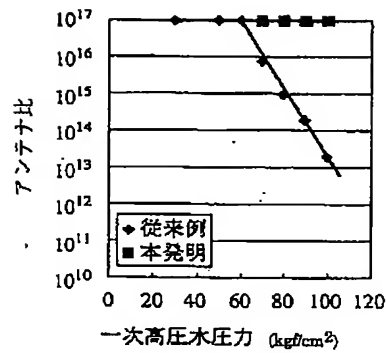


1…チャンバー 4A…ノズル先端 10…供气口  
2…基板ホルダー 5…ノズルフレーム 11…排気口  
3…ノズル支持アーム 6…基板固定治具 20…半導体基板  
4…ノズル 7…リンス水供給管

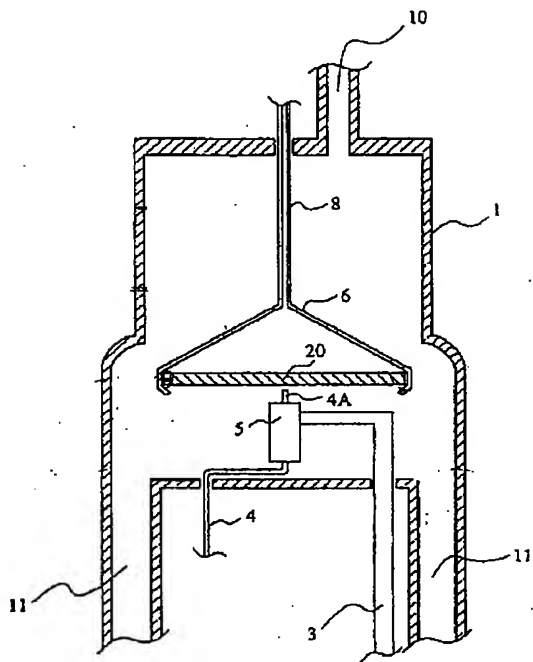
【図 25】



【図 26】

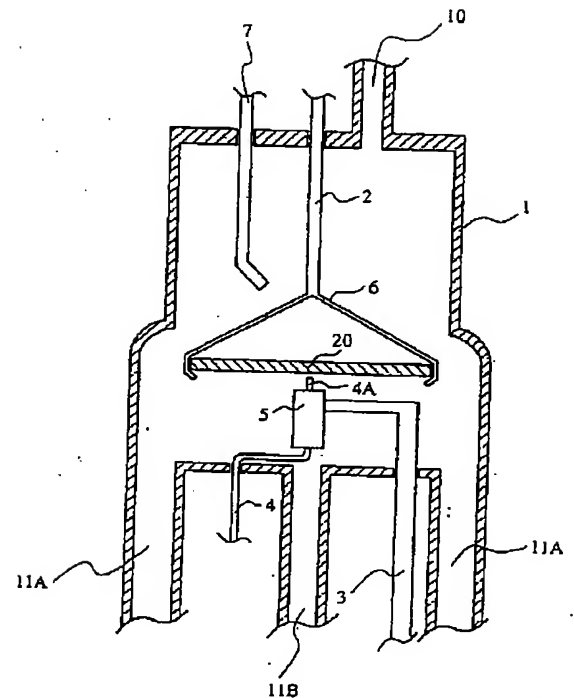


【図 27】



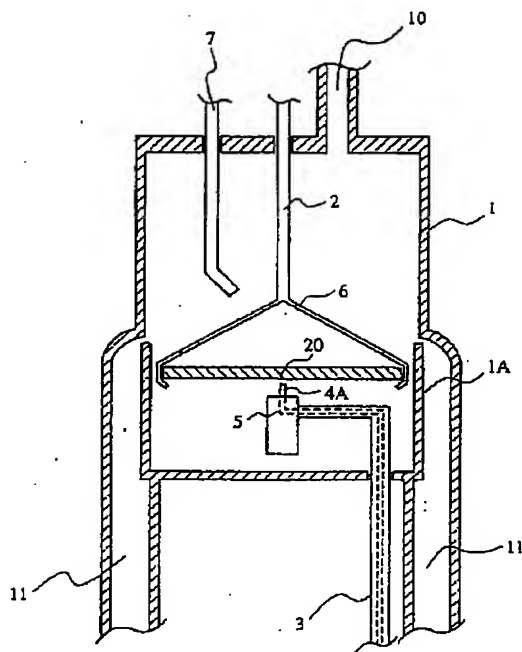
- |            |                      |          |
|------------|----------------------|----------|
| 1…チャンバー    | 6…基板固定治具             | 11…排気口   |
| 3…ノズル支持アーム | 7…リンス水供給管            | 20…半導体基板 |
| 4…ノズル      | 8…基板ホルダー兼<br>リンス水供給管 |          |
| 4A…ノズル先端   | 10…供气口               |          |
| 5…ノズルフレーム  |                      |          |

【図 28】



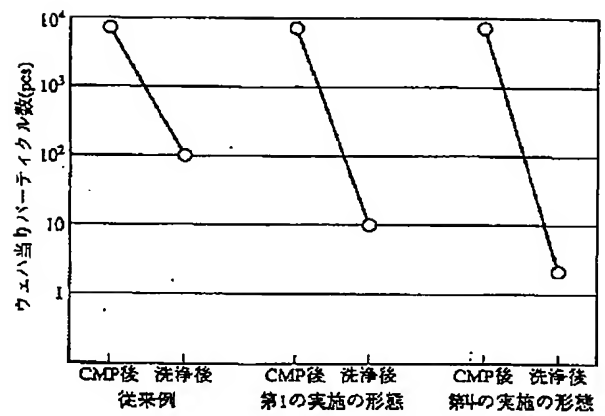
- |            |           |                  |
|------------|-----------|------------------|
| 1…チャンバー    | 4A…ノズル先端  | 10…供气口           |
| 2…基板ホルダー   | 5…ノズルフレーム | 11A, 11B…<br>排気口 |
| 3…ノズル支持アーム | 6…基板固定治具  | 20…半導体基板         |
| 4…ノズル      | 7…リンス水供給管 |                  |

【図29】



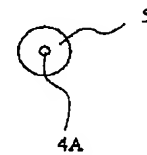
- |            |           |           |
|------------|-----------|-----------|
| 1…チャンバー    | 4…ノズル     | 7…リンス水供給管 |
| 1A…洗浄槽     | 4A…ノズル先端  | 10…供气口    |
| 2…基板ホルダー   | 5…ノズルフレーム | 11…排気口    |
| 3…ノズル支持アーム | 6…基板固定治具  | 20…半導体基板  |

【図30】

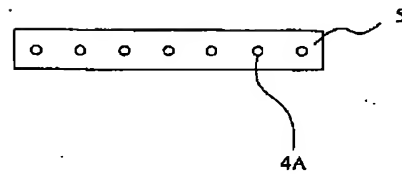


【図31】

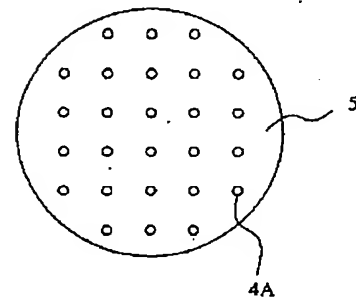
(A)



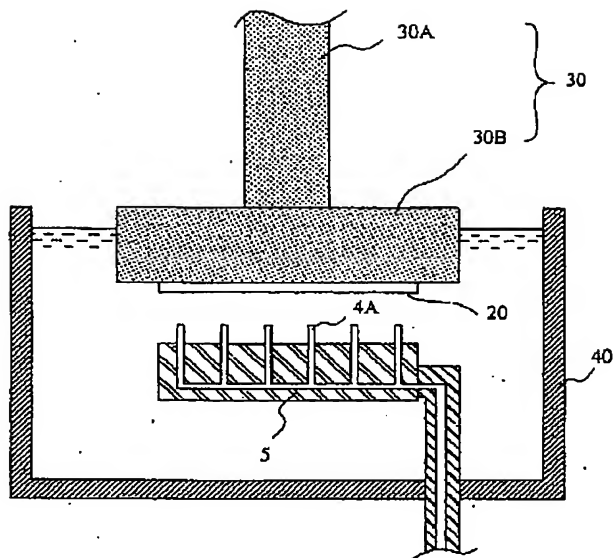
(B)



(C)

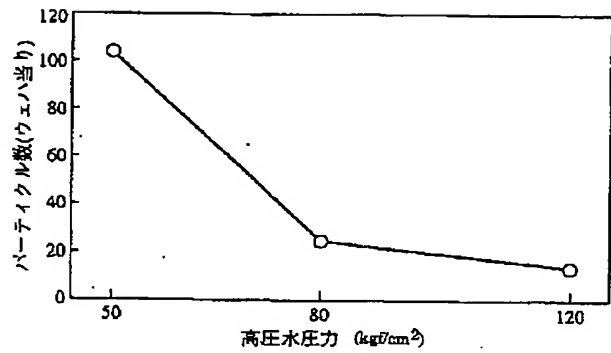


【図 32】

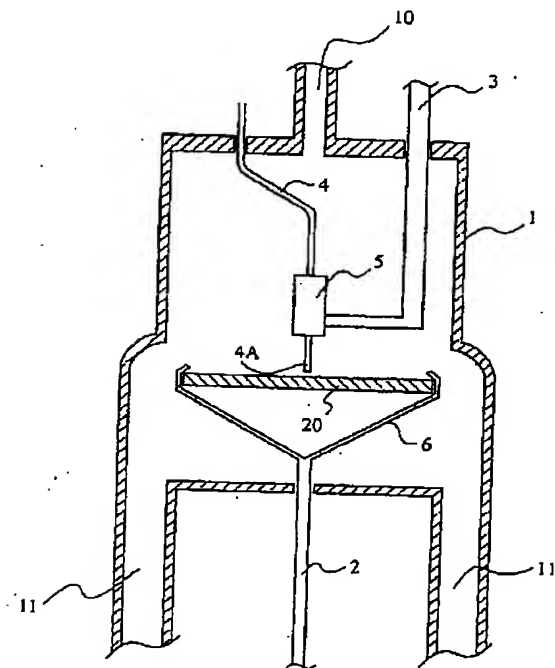


- |            |             |
|------------|-------------|
| 4 A…ノズル先端  | 30 …ラッピング治具 |
| 5 …ノズルフレーム | 30 A…軸      |
| 20…半導体基板   | 30 B…ラッピング盤 |
|            | 40 …洗浄槽     |

【図 33】



【図 34】



- |            |           |          |
|------------|-----------|----------|
| 1…チャンバー    | 4 A…ノズル先端 | 10…供気口   |
| 2…基板ホルダー   | 5…ノズルフレーム | 11…排気口   |
| 3…ノズル支持アーム | 6…基板固定治具  | 20…半導体基板 |
| 4…ノズル      |           |          |



【図 35】

